

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

LIBEREC 2011

Bc. Marie Kubínová

Katedra textilních materiálů

Obor studia: N3103 Textilní materiálové inženýrství

**MODELOVÁNÍ TAŽNOSTI DVOJMO SKANÉ
POLYPROPYLENOVÉ KOMPAKTNÍ PŘÍZE**

Modeling of breaking strain of two-ply polypropylene compact yarn

Bc. Marie Kubínová

KTM - 570

Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Monika Vyšanská, PhD.

Počet stran: 63

Počet obrázků: 22

Počet tabulek: 15

Počet příloh: 2

LIBEREC 2011

Bc. MARIE KUBÍNOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Marie Kubínová**
Osobní číslo: **T07000066**
Studijní program: **N3106 Textilní inženýrství**
Studijní obor: **Textilní materiálové inženýrství**
Název tématu: **Modelování tažnosti dvojmo skané polypropylenové kompaktní příze**
Zadávající katedra: **Katedra textilních materiálů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Proveďte literární a internetový průzkum na téma možnosti modelování tažnosti délkových útvarů. Zaměřte se na dvojmo skanou přízi.
2. Realizujte měření tažnosti u předloženého vzorku dvojmo skaných přízí.
3. Komparujte nalezené modely, popř. Vámi vytvořené s hodnotami experimentálně zjištěnými.
4. Diskutujte závěry.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **45**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- [1] Ursíny, P.: **Struktura a vlastnosti skané bavlněné příze mykané, zpráva z pracovní etapy dílčího úkolu Optex - Optimalizace použití skaní, VŠST, Liberec, 1975**
- [2] Ursíny, P.: **Teorie předení II., skriptum TUL, Liberec, 1991**
- [3] Křemenáková, D.: **Modelování geometrie a pevnosti bavlnářských přízí, habilitační práce, TUL, Liberec, 2005**
- [4] Vyšanská, M.: **Geometrické parametry dvojmo skané příze, interní materiál TUL, Liberec, 2007**

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Monika Vyšanská, Ph.D.

Katedra textilních technologií

Datum zadání diplomové práce: **25. února 2011**

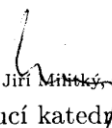
Termín odevzdání diplomové práce: **21. prosince 2011**



prof. RNDr. Aleš Lipka, CSc.
děkan



L.S.



prof. Ing. Jiří Milník, CSc.
vedoucí katedry

V Liberci dne 6. října 2011

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vykonala samostatně a použila jen prameny, které udávám v seznamu použité literatury. Prohlašuji, že jsem nezneužila autorská práva a veškeré poznatky jsou z mé vlastní tvorby.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Souhlasím s umístěním diplomové práce do univerzitní knihovny TUL.

Jsem si vědoma toho, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o použití mé práce a prohlašuji, že souhlasím s případným použitím mé diplomové práce (půjčení, kopírování, apod.)

Beru na vědomí, že po pěti letech si mohu diplomovou práci vyžádat v Univerzitní knihovně Technické univerzity v Liberci, kde bude uložena.

V Liberci dne 15. prosince 2011

.....

Podpis

Poděkování:

Děkuji vedoucí své diplomové práce paní Ing. Monice Vyšanské, PhD za dobré vedení, její trpělivost a ochotu mě pomoci s nezodpovězenými otázkami při tvorbě této práce a za poskytnutí odborných vědomostí ze své odborné praxe.

Zároveň poděkování patří zaměstnancům katedry textilních technologií. A dále své rodině za podporu a trpělivost při době studia.

Anotace:

Předkládaná diplomová práce se zabývá zkoumáním problematiky modelování tažnosti délkových útvarů. V souvislosti s tím byly nastíněny charakteristiky dvojmo skané příze a byl použit model tažnosti dvojmo skané kompaktní příze. Tento model byl následně ověřen na experimentálních datech. Při zjišťování experimentálních dat byly použity dodané dvojmo skané příze.

Klíčová slova:

Dvojmo skaná příze, tažnost, modelování, zákrut, kompaktní, průměr, skaní, polypropylen

Annotation:

This thesis deals the modeling of the breaking strain of linear formations. In this context, outlined the characteristics of two ply compact yarn and the model was used to breaking strain of two ply yarns. Subsequently, the model was verified based on the experimental data. In determining the experimental data, were used forwarded two ply yarn.

Keywords:

Two ply yarn, modeling, twist, compact, elongation at break, diameter, plying, polypropylene

Obsah

1	TEORETICKÁ ČÁST	12
1.1	ÚVOD	11
1.1.1	Vlastnosti délkových textilií	11
1.1.2	Jemnost příze	12
1.1.3	Dřívější systémy označování jemnosti příze	13
1.2	SKANÍ.....	14
1.2.1	Jemnost skané příze	14
1.2.2	Skací stroje.....	16
1.3	ZAKRUCOVÁNÍ PŘÍZE	17
1.3.1	Zákrut příze.....	17
1.3.2	Zákrut a šroubovicový model příze	18
1.3.3	Zákrutový koeficient.....	19
1.4	KOMPAKTNÍ PŘEDENÍ.....	20
1.5	PARAMETRY A STRUKTURA DVOJMO SKANÉ PŘÍZE	20
1.5.1	Chování jednoduché příze ve dvojmo skané přízi vlivem skaní	21
1.5.2	Měření geometrických parametrů dvojmo skané příze.....	22
1.6	TAŽNOST PŘÍZÍ.....	23
1.6.1	Zjišťování tažnosti přízí.....	24
1.6.2	Tažnost dvojmo skané příze	24
1.7	POLYPROPYLEN.....	25
1.8	PŘÍSTROJE A ZAŘÍZENÍ.....	27
1.8.1	NIS Element.....	27
1.8.2	Dynamometr Instron 4411	27
1.8.3	Matlab a QC Expert	29
1.9	STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ EXPERIMENTÁLNÍCH DAT	29
1.9.1	Nezávislost dat.....	29
1.9.2	Normalita	30
1.9.3	Homogenita.....	30
1.9.4	Korelační koeficient.....	30

1.9.5	Párové porovnání	31
1.9.6	Porovnání dvou nezávislých výběrů	31
1.10	VÝPOČTY MODELŮ A VZORCE	31
1.10.1	Odvození vztahů pro teoretické modely tažnosti dvojmo skané příze	32
1.10.2	Odvození matematického modelu tažnosti dvojmo skané příze bez uvažování kontrakce průměru	33
1.10.3	Odvození matematického modelu tažnosti dvojmo skané příze při uvažování kontrakce průměru	36
1.11	VÝSLEDKY MODELŮ TAŽNOSTI	38
1.11.1	Vysvětlení k modelům tažnosti dvojmo skané příze.	40
2	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	41
2.1.1	Postup při měření tažností přízí jednoduchých i dvojmo skaných	42
2.1.2	Zákrut dvojmo skaných přízí	42
2.1.3	Průměr dvojmo skané příze	43
2.1.4	Experimentální hodnoty tažností jednoduchých PP přízí	45
2.1.5	Experimentální hodnoty tažností dvojmo skaných PP přízí	46
2.1.6	Modely tažnosti dvojmo skaných přízí	51
2.1.7	Párové porovnání experimentálních a modelových hodnot	55
2.1.8	Párové porovnání modelových hodnot počítaných podle vztahů (42), (14), (30), (41) a experimentálních hodnot při 200 – 600 Z/m	56
2.1.9	Porovnání dvou nezávislých výběrů u modelových a experimentálních hodnot	57
2.1.10	Porovnání dvou nezávislých výběrů modelových hodnot počítaných podle vztahů (42), (14), (30), (41) a experimentálních hodnot při 200 – 600 Z/m	57
3	ZÁVĚR	59
3.1	LITERATURA	62

Seznam použitých zkratk, značek a symbolů:

PP	.....polypropylen
aj.	.....a jiné
obr.	.....obrázek
č.	.....číslo
kap.	..... kapitola
tab.	.....tabulka
T	..... jemnost příze [tex]
T_D	..... jemnost druzené příze [tex]
T_j	.....jemnost jednoduché příze [tex]
T_s	..... jemnost skané příze [tex]
m	..... hmotnost jednoduché příze [g]
m_s	.....hmotnost skané příze [g]
l_j	.....délka jednoduché příze [m]
l_s	.....konečná délka skané příze po vložení počtu ovinů o [m]
l_0	.....délka vzorku příze před rozkroucením [mm]
l	.....délka vzorku příze po rozkroucení [mm]
Δl	..... změna původní délky příze [mm]
n	.....počet jednoduchých přízí [-]
δ	.....seskání [%]
Z	.....zákrut [1/m]
α	.....zákrutový koeficient podle Kőechlina [$m^{-1} \cdot \text{tex}^{1/2}$]
a	.....zákrutový koeficient podle Phrise [$m^{-1} \cdot \text{tex}^{2/3}$]
κ_s	..... intenzita skacího zákrutu [-]
D_I	..... průměr dvojmo skané příze [m]
Z_s	.....skací zákrut [1/m]
β_s	.....úhel, který svírá osa jednoduché příze s osou dvojmo skané příze [°]
ε_s	.....tažnost dvojmo skané příze [%]
ε_j	.....tažnost jednoduché příze [%]

ε_{s1}zjednodušený model tažnosti dvojmo skané příze bez uvažování kontrakce průměru [%]

ε_{s2}model tažnosti dvojmo skané příze bez uvažování kontrakce průměru [%]

ε_{s3}model tažnosti dvojmo skané příze při uvažování vzniku kontrakce průměru [%]

F síla [N]

g tíhové zrychlení (9,81 10) [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$]

F_j síla působící ve směru osy jednoduché příze [N]

F_s síla působící ve směru osy dvojmo skané příze [N]

h výchozí vzdálenost čelistí [mm]

k koeficient vyjadřující změnu průměru příze při tahovém namáhání [-]

r ideální poloměr nitě [mm]

R korelační koeficient [-]

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 ÚVOD

Polypropylén byl vyvinut po uvedení polyetylénu v roce 1954. Tažnost přízí se začala měřit spolu s výrobou polypropylenových vláken a zjišťováním jejich vlastností. V 60. letech minulého století, spolu s vývojem skacích strojů se začala rozvíjet i věda o vlastnostech délkových textiliích a zdokonalování syntetických materiálů.

Tato práce seznamuje s problematikou modelování tažnosti délkových útvarů. V návaznosti byly nastíněny charakteristiky dvojmo skané polypropylenové příze a byl použit model tažnosti dvojmo skané příze. Tento model byl následně ověřen na experimentálních datech a porovnán se skutečně naměřenými hodnotami tažnosti u dvojmo skané příze.

Modelování patří k tradičním postupům v některých technických disciplínách. Modelování nedokáže v žádném případě obsáhnout samotnou realitu, nýbrž zjednodušeným pohledem nahlíží na určitou část reálného světa. Pro úspěšné dotvoření a využití modelu je třeba pochopit problém, který chceme zachytit, mít předem specifikovaný cíl a zároveň použít kvalitní zdrojová data [14].

Dále jsou zde teoreticky zahrnuty informace o procesech tvorby příze, zakrucování příze, skaní, komplexní posouzení využití vláken v přízi a vysvětlení základních charakteristik, jako je jemnost. Práce objasňuje, jak používat přístroje, které se podílejí na měření tažnosti a programovém zpracování. Jsou zde zmíněny základní informace o statistickém zpracování experimentálních dat, která byla následně použita v experimentální části této práce.

1.1.1 Vlastnosti délkových textilií

Mezi délkové textilie se zahrnují všechny délkové útvary složené z vláken. Tedy kabel, kabílek, pramen, přást, příze. Rozdělují se na přádelnické poloprodukty (kabel, přást, pramen) a produkty, jejichž společné označení je nit.

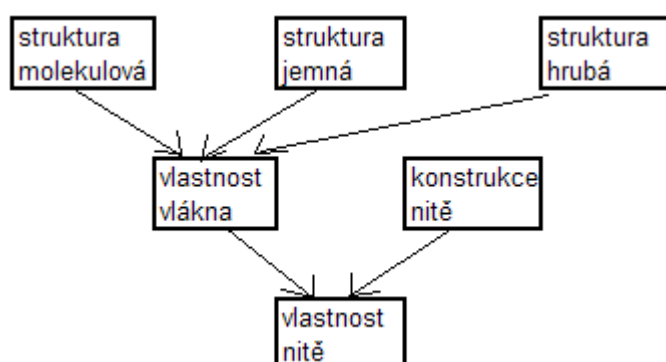
Konstrukce těchto útvarů sleduje použitý technologický princip zpracování vlákenné suroviny, kde jednotlivá vlákna mají převážně spirálovou polohu. Protože principem předení je získat útvar přízi, jejíž délková hmotnost je v každém jednotkovém úseku zhruba konstantní, jsou mechanické vlastnosti tohoto útvaru dány nejen vlastnostmi vláken, ale též třecími silami mezi nimi – tedy jeho konstrukcí (příze

prstencová, rotorová, frikční, trysková). Vlastnosti poloproduktů mají především význam technologický a slouží proto pro regulaci výroby za účelem dosažení co nejvyšší kvality vyráběné příze. Patří mezi ně především nestejnoměrnost hmotnosti a soudržnost. U směsových textilií ještě přistupuje homogenita promísení, dodržení směsového poměru, migrace vláken atd.

U nití jako útvarů zakončujících přádelnickou technologii, rozdělujeme vlastnosti do dvou skupin:

- 1. vlastnosti tvaru:** délková hmotnost (jemnost), průměr, zákrut, objemnost, nestejnoměrnost hmotnosti
- 2. mechanické vlastnosti:** pevnost v tahu, v rázu, tažnost, pružnost

Například při namáhání nitě v tahu se uplatňují nejen mechanické vlastnosti vlákna, ale též jeho poloha a velikost stykové plochy s vlákny sousedními, jeho povrchový reliéf, geometrie, množství doprovázejících látek atd. Obrázek č. 1 zobrazuje schéma všech vlivů na konečnou vlastnost nitě [21].



Obr. 1: Výsledná vlastnost nitě – schéma [21].

1.1.2 Jemnost příze

Jednotka Tex je užívána v textilním průmyslu pro jemnost příze. Po fyzikální stránce představuje délkovou hustotu, tedy hmotnost určité délky příze.

Jemnost příze je definována jako podíl hmotnosti úseku příze ku jeho délce. Jinak ji lze vyjádřit jako součin hustoty vláken ρ a součtové plochy všech vláknenných řezů v průřezu příze, která se označuje jako substanční průřez S [6].

$$T = \frac{m}{l} \quad (1)$$

Kde T ...jemnost příze [tex]

m ...hmotnost jednoduché příze [g]

l ... délka jednoduché příze [l]

Na příklad příze 200 tex je velmi hrubá a staplové příze, které jsou jemnější než 5 texů se ztěžka nechají vypřádat. Jemnost chemických textilních vláken se nejčastěji vyjadřuje v desetinách texu, nebo decitexu (dtex) [30]:

$$dtex = \frac{g}{10 \text{ km}} \quad (2)$$

Jemnost chemických vláken vyráběných jako stříž se přizpůsobuje vlastnostem přírodních vláken, se kterými se často smíchává.

1.1.3 Dřívější systémy označování jemnosti příze

Systém tex se začal zavádět na základě mezinárodní dohody z roku 1967 namísto několika rozdílných způsobů označování jemnosti příze [30].

U staplových přízí se používalo tak zvané metrické číslování s poměrem délky a váhy příze podle vzorce [2]:

$$\text{Číslo metrické} \left(\check{C}m = \frac{m}{g}, \quad 1tex = \frac{1000}{\check{C}m} \right) \quad (3)$$

Přechod na nový systém trval v některých regionech a na některých úsecích dlouhá léta. Na příklad šicí nitě se prodávají stále jen metricky číslované. Trojmo skaná šicí nit 10 tex x 3 se dá koupit jen s označením Čm [10].

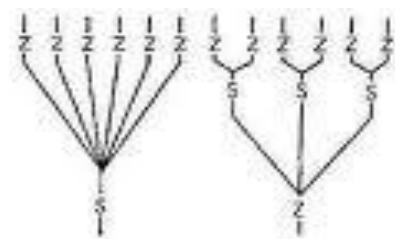
Podobná situace je s označováním jemnosti hedvábí u punčochového zboží. Zde platí také jen tradiční systém, tzv. titr denier (den), podle vzorce [6]:

$$den = \frac{9}{9 \text{ km}} \quad (4)$$

1.2 SKANÍ

Skaní je proces, díky kterému se získávají lepší vlastnosti přízí. Těmito vlastnostmi se rozumí např. vyšší pevnost, zvýšená tažnost, snížená hmotná nestejnomyšnost a odolnost v oděru. Skací zákrut dále výrazně ovlivňuje vzhled a omak výsledné skané příze. Jedná se tedy o spojování dvou nebo více přízí pomocí zákrutu.

Uděluje se buď zákruty ve směru S nebo Z. Obvykle se volí skací zákrut opačného směru v porovnání se zákrutem přádním. Při takovémto typu skaní je nutné počítat s určitou ztrátou zákrutů v jednoduchých přízích. Podle počtu jednoduchých přízí se pro tyto skané příze používá názvů dvojmo skaná příze, trojmo skaná příze, atd. Je možno také hovořit o vícešupňovém skaní, což prakticky znamená, že v prvním stupni skaní se nejprve z jednoduchých přízí tvoří příze skaná a v dalším stupni se skají tyto skané příze dohromady [15]. Na obrázku č. 2 je znázorněn klasický příklad dvojmo skané příze, která se skládá ze dvou jednoduchých přízí skaných pravým zákrutem a posléze spojených zákrutem opačným, tedy levým.



Obr. 2: *Princip skaní pravého a levého zákrutu [4].*

1.2.1 Jemnost skané příze

Jemnost skané příze lze vyjádřit pomocí jemnosti jednoduché příze a příslušného seskání. Vychází se z jemnosti druzené příze [24]:

$$T_D = \sum_{j=1}^n T_j \quad (5)$$

Kde T_D jemnost druzené příze [tex]
 T_j jemnost jednoduché příze [tex]
 n počet jednoduchých přízí [-]

U skaných přízí je také nutno počítat se seskáním. Pod pojmem seskání se rozumí zkrácení délky nitě při jejím zakrucování. Zkracuje-li se délka nitě, roste její hmotnost na jednotku délky. Pro případ, kdy jemnosti jednoduchých přízí jsou stejné, platí [1]:

$$T_1 = T_2 = \dots = T \quad (6)$$

Kde T jemnost příze [tex]

Seskání je definováno vztahem [24]:

$$\delta = \frac{\Delta l}{l_0} * 10^2 = \frac{l - l_0}{l_0} * 10^2 \quad [\%] \quad (7)$$

Kde δ seskání [%]
 Δl změna původní délky příze [mm]
 l_0délka vzorku příze před rozkroucením [mm]
 l délka vzorku příze po rozkroucení [mm]

Následně platí vztah pro výpočet jemnosti skané příze [24]:

$$T_s = T_D * \frac{100}{100 - \delta} \quad (8)$$

Kde T_s jemnost skané příze [tex]
 T_D jemnost druzené příze [tex]
 δ seskání [%]

1.2.2 Skací stroje

Pro velkovýrobu skaných přízí se nejčastěji používají dvou zákrutové stroje.

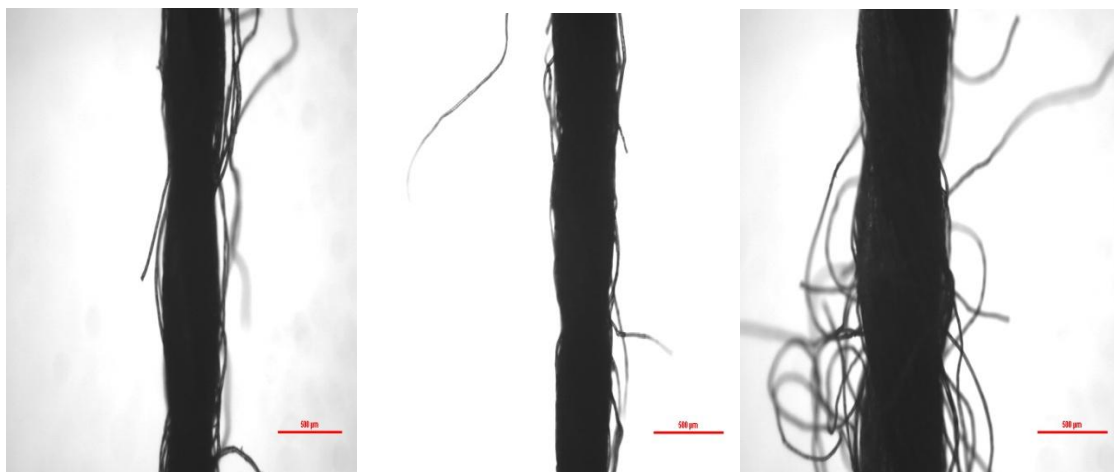
Funkce: Na obrázku č. 3 se předloha navléká na duté vřeteno (1) v pevně stojícím hrnci, tj. nádobě s přízí (2). Příze prochází shora vřetenem a kolem vnější stěny hrnce k vodiči (3) nad středem vřetene k navíjecímu ústrojí (4). Při každé otáčce



Obr. 3: Dvou zákrutový skací stroj [29].

vřetene se vkládá do příze první zákrut mezi předlohou a špičkou vřetene a druhý mezi dolním otvorem ve vřetenu a vodičem. Otáčky vřeten mohou dosáhnout 12 000 za minutu.

Pro skaní malých partií a pro některé zvláštní účely jsou vhodnější jiné druhy skacích strojů, např. prstencové, dvoustupňové, křídlové nebo kablovací [30].

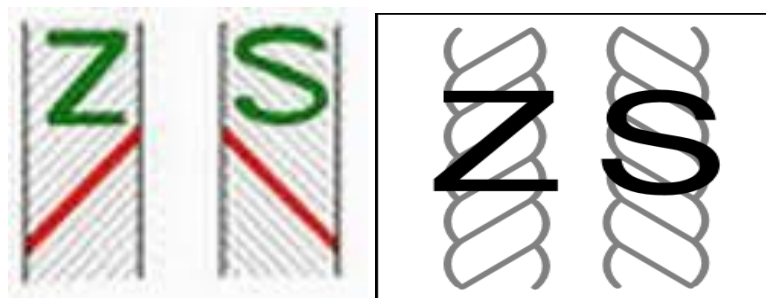


Obr. 4: Podélný pohled dvojmo skané příze získaný v prostředí NIS Elements, 100% PP 2x20, 2x 29,5 a 2x45 tex. Jedná se o zvětšení obrázku na 500 mikrometrů.

1.3 ZAKRUCOVÁNÍ PŘÍZE

Vláknový produkt je nutno během technologického procesu spřádání zpevňovat, zejména pak ve fázích, kdy dochází k jeho poměrně značnému ztenčování, zvláště při vytváření konečného produktu – příze.

Rozlišují se dva druhy zákrutů a to zákrut trvalý a netrvalý.



Obr. 5: Zákruty příze do pravého a levého směru [30].

1.3.1 Zákrut příze

Je zakroucení vláken ve směru šroubovice kolem osy vláknového produktu tj. přástu nebo příze. Zákrut je vyjadřován počtem celých otáček na délku 1 m. Z hlediska směru tedy na zákrut levý (S) a pravý (Z). Trvalým zákrutem je možno dosáhnout největšího zpevnění produktu a používán se proto převážně při zpevnění příze a dále při výrobě skané příze [24].

Netrvalým zákrutem je postupné zkrucování v obou směrech. Tyto zákruty opačného směru se ruší, tudíž nevznikají zakroucení s charakterem trvalého zákrutu. Účelem netrvalého zákrutu je zpevnění vláknového produktu prostřednictvím sblížení a uhoštění vláken, aby se mohla lépe uplatnit mezi vláknovou soudržností. Ta je daná zejména povrchovou strukturou a dalšími vlastnostmi vláken. Působí-li při zkrucování netrvalým zákrutem současně větší příčné stlačující síly, jedná se o zaoblování [24].

1.3.2 Zákrut a šroubovicový model příze

Zákrut příze Z je počet ovinů vztažených na jednotkovou délku příze. Zákrut příze souvisí s jemností příze, průměrem příze a zaplněním (viz Koechlinova hypotéza, Phrixova korekce a komprimační hypotéza). Obecně platí, že jemnější příze mají menší počet vláken v průřezu, menší průměr a jsou předeny většinou s vyšším zákrutem. Se zvyšujícím se zákrutem jsou vlákna více stlačována, zaplnění roste a průměr se zmenšuje [6].

Exaktní popis struktury příze z hlediska uspořádání vláken je velmi složitý, proto se často užívá šroubovicový model příze, jenž vychází z následujících předpokladů.

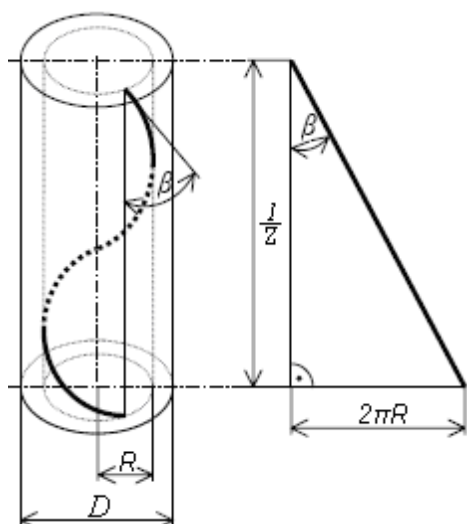
Osy vláken tvoří soustavu souosých šroubovic na obecných poloměrech r . Vlákna jsou válcová a jejich průřezem je kruh o poloměru D a ploše s . Výška stoupání šroubovice je rovna $1/Z$. Mezi úhlem stoupání šroubovice β obecného vlákna a zákrutem Z (počet ovinů na jednotku délky) platí vztah (9) [6]:

$$\operatorname{tg} \beta = 2\pi r Z \quad (9)$$

Kde πLudolfovo číslo (Pí)

Stoupání šroubovic zákrutů při různé jemnosti je vždy stejné. Vychází z toho funkční závislost, kterou vyjadřuje koeficient zákrutů α , viz vztah (10) a (11), nazývaný též zákrutovou mírou. Předpokladem je, že výška jednoho ovinu vlákna v ideální niti je výškou šroubovice.

Pro ilustraci a lepší představu šroubovice ve vláknu je zde uveden obrázek č. 6, na kterém je znázorněn ideální šroubovicový model, kde je v uvedeném přízovém válci konstantní zaplnění [7].



Obr. 6: Šroubovice vlákna na obecném poloměru r [6].

1.3.3 Zákrutový koeficient

Pro Koechlinův zákrutový koeficient za užití platí vztah [11]:

$$\alpha = ZT^{\frac{1}{2}} = k_s \frac{\sqrt{\mu\rho}}{\sqrt{4\pi}} \quad (10)$$

Kde Z zákrut [1/m]

α zákrutový koeficient podle Koechlina [$\text{m}^{-1} \cdot \text{tex}^{1/2}$]

T jemnost příze [tex]

ρ hustota vláken [kg/m^3]

μ obecná hodnota zaplnění příze [-]

k_s intenzita zákrutu [-]

Phrixův zákrutový koeficient je popsán vztahem [11]:

$$\alpha = ZT^{\frac{2}{3}} = aT^{\frac{1}{6}} \quad (11)$$

Kde Z zákrut [1/m]

a zákrutový koeficient podle Phrixe [$\text{m}^{-1} \cdot \text{tex}^{2/3}$]

T jemnost příze [tex]

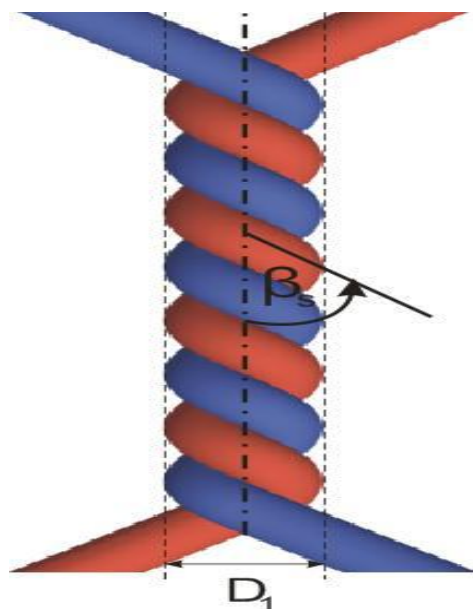
1.4 KOMPAKTNÍ PŘEDENÍ

Kompaktní předení se dá zařadit mezi poměrně nový druh dopřádání. Jedná se o modifikaci klasického prstencového předení. Modifikace spočívá v zařazení zhušťovací zóny mezi zónu protahování a zónu tvorby příze.

Při klasickém prstencovém dopřádání vzniká za protahovací zónou příadní trojúhelník, ve kterém jsou vlákna ležící na výšce trojúhelníka namáhána menší tahovou silou než vlákna ležící na jedné ze stran trojúhelníka. Některá vlákna nejsou zachycena ve vrcholu trojúhelníka do odváděcích válců průtahového ústrojí, nejsou zakrucována a podílejí se na vzniku chlupatosti. Při kompaktním předení je vláknenný materiál zhušťován a zakrucován je útvar paralelních vláken přibližně kruhového průřezu, proto příadní trojúhelník téměř zaniká [28].

1.5 PARAMETRY A STRUKTURA DVOJMO SKANÉ PŘÍZE

Dvojmo skaná příze je pravidelný útvar. Tvar těla této příze, pro představu, je podobný válci o průměru D_1 . Obrázek č. 7 nabízí zjednodušený pohled na model dvojmo skané příze. Je zde naznačena osa dvojmo skané příze a úhel β_s , to je úhel, který svírá osa jednoduché příze s osou dvojmo skané příze. Tento úhel se vypočítá pomocí složeného vzorce (15) na str. 25. Z tohoto obrázku lze také odvodit půdorys modelu této dvojmo skané příze, kde je průměr D_1 . Rozměr $D_{1/2}$ označuje vzdálenost os jednoduchých přízí v přízi dvojmo skané (poloměr) a rozměr $D_{1/4}$ značí vzdálenost mezi osou jednoduché příze a osou příze dvojmo skané [25].



Obr. 7: Modelový obrázek dvojmo skané příze s vyznačeným rozměrem D_1 a úhlem β_s [14].

Průměr D_I se stanovuje pomocí normy [7]. Tato norma stanovuje postup pro měření geometrických parametrů dvojmo skané příze s použitím software obrazové analýzy (viz kap. 1.8.1 str. 27). Pomocí vyhodnocovacího programu v prostředí MatLab se zjišťují datové a grafické výstupy ze získaných obrazů (podélných pohledů) [7].

1.5.1 Chování jednoduché příze ve dvojmo skané přízi vlivem skaní

Tato kapitola pojednává o problematice chování jednoduché příze ve dvojmo skané. Na kvalitu dvojmo skané příze má vliv skaní jednoduchých přízí.

Na dopřádacích strojích se vyrábějí jednoduché příze, které se podle potřeby seskávají na skacích strojích (viz kap. 1.2.2, str. 16).

Zákrut jednoduché příze se nazývá spřádací zákrut, zákrut skané příze je skací zákrut. Nejčastěji se příze skají dvojmo se skacími zákruty, které jsou opačné než spřádací zákruty. Délková hmotnost (jemnost) skaných přízí se udává v jednotkách tex jednoduché příze krát počet seskaných nití. Například 20 tex x 2 je dvojmo skaná příze ze dvou jednoduchých přízí s délkovou hmotností 20 tex.

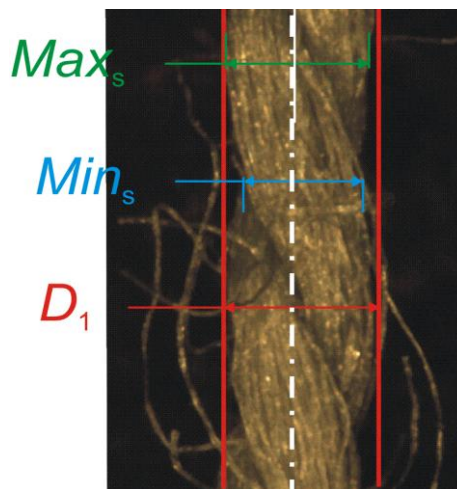
Geometrické struktury skané příze mají souvislost i s jejími mechanickými vlastnostmi. Zákonitosti jako je zkrucování dvou multifilů stejné jemnosti ve skanou nit, je obdobně možno považovat pro skanou přízi tvořenou dvěma jednoduchými přízemi stejné jemnosti (viz kap. 1.3.3, str. 19). Předpokládá se, že jednoduché příze tvoří šroubovicový tvar geometrického uspořádání vláken v přízi skané.

Zvýšení poměrné pevnosti skané příze oproti jednoduché přízi má příčiny vedle vyrovnávacího účinku z hlediska hmotové nestejnoměrnosti i v příznivější geometrické struktuře vlákenného útvaru skané příze. Z hlediska tažnosti má skání příznivý důsledek v geometrické struktuře vlákenného útvaru skané příze [24].

1.5.2 Měření geometrických parametrů dvojmo skané příze

V případě měření objektů, příze, si uživatel vybírá jednotlivé malé diskrétní plochy a software (viz kap. 1.8.1 str. 27) vyhodnocuje zvolené příznaky pro každou plochu zvlášť a poté statisticky vyhodnocuje průměrnou hodnotu a směrodatnou odchylku. Měřením polí program vyhodnocuje zvolené příznaky pro celou vybranou plochu [7].

Binární obraz – má dvě možné hodnoty, 0 pro pozadí a maximální hodnotu 1 pro objekty a struktury barevného obrazu¹. Představuje produkt segmentačních funkcí a často o něm mluvíme jako o segmentovaném obrazu².



Obr. 8: Reálná příze s vyznačenými rozměry Max_s , Min_s a D_1 [7].

Tyto obrazy se používají pro měření tvaru a velikosti.

Dilatace binárního obrazu – po dilataci jsou objekty v binárním obraze zvětšeny, což znamená, že k objektu je přidána slupka. Je-li vzdálenost mezi objekty kratší než dvojnásobná tloušťka slupky, objekty se spojí. Je-li otvor v objektu užší než dvojnásobná tloušťka slupky, zmizí z obrazu.

Rozměr dvojmo skané příze – Max_s „plošný“, je nejdelší kolmá vzdálenost mezi hranicemi příze, viz obr. č. 8

Rozměr dvojmo skané příze – Min_s „plošný“, je nejkratší kolmá vzdálenost mezi hranicemi příze.

Rozměr dvojmo skané příze – D_1 „prostorový“, je skutečný průměr nejmenšího válce, do něhož se dvojmo skaná příze vejde. V extrémním případě je rozměr D_1 roven Max_s , v ostatních případech je D_1 větší než Max_s . Slouží tedy jako konstrukční parametr, kdy pro symetricky skanou přízi určuje poměr $D_1/2$ vzdálenost os

¹ Barevný obraz se skládá ze tří složek, které představují intenzitu červené, zelené a modré barvy. Obrazy v systému obrazové analýzy se používají např. pro měření intenzity nebo odstínu obrazu.

² Segmentovaný obraz je skupina metod postavených na různých principech digitálního zpracování obrazu, která slouží k automatickému rozdělení vlastního obrazu na oblasti se společnými vlastnostmi, jež mají nějaký smysluplný význam. Typickým cílem segmentace obrazu je identifikace popředí a určení oblastí v obraze odpovídajícím významnému prvku zachycené scény.

jednoduchých přízí v přízi dvojmo skané. Výpočet úhlu β_s je analogický k vyjádření úhlu sklonu vlákna na povrchu jednoduché příze k její ose [7].

Průměr jednoduché příze – průměrná délka spojitých řádků černých pixelů po morfologických operacích ve všech snímaných obrazech [4]. Rozměry Max_s , Min_s a D_I jsou měřeny v mikrometrech³, poté je třeba rozměry převést na blíže používaný rozměr v milimetrech.

1.6 TAŽNOST PŘÍZÍ

Tato kapitola vysvětluje, jaké vlivy mohou působit na přízi během jejího zatěžování a jaký vliv může mít vnitřní struktura vláken a vnější deformační, zatěžovací síla. Zatěžování příze je jednoosé namáhání, které může být realizováno těmito způsoby:

- pseudostatické namáhání ke zjištění vztahu napětí f [N/tex] – deformace ε [%]
- časové experimenty – creep a relaxace napětí
- cyklické (dynamické) namáhání
- Při zkouškách se určují ultimativní charakteristiky, zejména
- síla do přetrhu
- poměrná síla do přetrhu
- deformace do přetrhu absolutní
- deformace do přetrhu relativní
- Na tvar křivek a ultimativní charakteristiky má vliv teplota a vlhkost.

Dalšími vlivy strukturální příze jsou:

- vliv sklonu vláken
- vliv navlnění vláken
- vliv prokluzů vláken
- vliv migrace [17]

³ Mikrometr (symbol μm) je odvozená jednotka soustavy SI v délce jedné tisícin milimetru (0,001 milimetru).

1.6.1 Zjišťování tažnosti přízí

Podle normy [8] se určuje postup pro získávání experimentálních dat. V normě jsou obsaženy čtyři metody možností měření textilních nití odebraných z návinů. Metoda A, je nejvhodnější pro ruční odebrání vzorků, které odebírají přímo z klimatizovaných návinů. Při aplikaci této normy je třeba stanovit určité definice: Tržná síla je maximální síla, která působící na vzorek při zkoušce tahem, při které dojde k přetrhu. Tato síla se u nití převážně vyjadřuje v centinewtonech na tex. Prodloužení při přetrhu – přírůstek délky vzorku vyvolaný tržnou silou. Vyjadřuje se v procentech původní jmenovité délky. Poměrná pevnost při přetrhu je poměr tržné síly nitě k její délkové hmotnosti [8]. Přístroj dynamometr Instron 4411 je s konstantním přírůstkem prodloužení, u kterého je jeden konec zkušebního vzorku upevněn v nepohyblivé svorce a druhý konec je uchycen ve svorce tažené strojem konstantní rychlostí.

Přístroj dynamometr Instron 4411 je opatřen vhodným systémem pro měření a záznam aplikované síly a pro měření a záznam prodloužení. Součástí je svorka, slouží k upnutí zkušebního vzorku pomocí čelistí.

Délka upnutí zkušebního vzorku je měřená za předpětí mezi místy upnutí ve svorkách. U speciálních (ovíjecích a okrouhlých) svorek je to vzdálenost mezi body upnutí měřená podél délky nitě [8].

1.6.2 Tažnost dvojmo skané příze

Při zjišťování tažnosti dvojmo skané příze lze vycházet z tažnosti příslušné jednoduché příze a ze znalosti počtu skacích zákrutů na metr.

Vztah pro vlákna uložení ve šroubovici [17]:

$$\varepsilon_s = \varepsilon_a (\cos^2 \beta - \eta_t \sin^2 \beta) \quad (12)$$

Kde ε_l poměrné prodloužení vlákna ve směru osy vlákna

ε_a poměrné prodloužení příze ve směru osy příze

β sklon šroubovice

η_t poměr příčné kontrakce v tečném směru

Tažnost vyjadřuje celkové poměrné prodloužení příze při přetrhu. Toto prodloužení lze vyjádřit pomocí vztahu [21]:

$$\varepsilon_s = \frac{l_0 - l}{l_0} \cdot 100 \quad (13)$$

Kde ε_s tažnost dvojmo skané příze [%]

l délka vzorku příze v okamžiku přetržení [mm]

l_0 délka vzorku příze mezi upínacími čelistmi v okamžiku upnutí [mm]

Tažnost dvojmo skané příze se získá ze vztahu [24]:

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_j}{\cos^2 \beta_s} \quad [\%] \quad (14), \text{ kde} \quad \cos^2 \beta_s = \frac{1}{\tan^2 \beta_s + 1} \Rightarrow \frac{1}{\left(\frac{\pi D_1}{2} \cdot Z_s\right) + 1} \quad (15)$$

Kde ε_j tažnost jednoduché příze [%]

β_s úhel, který svírá osa jednoduché příze s osou dvojmo skané příze [°]

D_1 průměr dvojmo skané příze [m]

Z_s skací zákrut [1/m]

π Ludolfovo číslo (3,14)

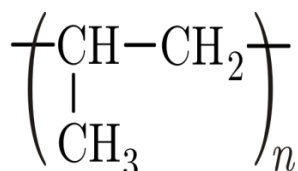
1.7 POLYPROPYLEN

Polypropylen, ve zkratce PP, vyniká velmi dobrou chemickou a mechanickou odolností. Má přidělené mezinárodní identifikační číslo pro plasty. Polypropylen se vyrábí polymerací propylénu. Je často používán pro výrobu lan a provazů kvůli své nízké měrné hmotnosti [15].

Vlastnosti polypropylenu:

- Chemicky stabilní – nezanechává pachové stopy
- Měrná hmotnost 0,92 g/cm³
- Měrné prodloužení za sucha 10 až 15%
- Prodloužení za mokra je 100% prodloužení za sucha

- Obsah vlhkosti 2%
- Tepelná odolnost -10 až +90 °C
- Při teplotách kolem 100°C se sráží.
- Vhodná UV stabilizace - PP degraduje snadno vlivem UV záření.
- Stálý na světle, dobrý izolant
- Vláknina při zpracování i nošení tvoří silný elektrostatický náboj



Obr. 9: *Strukturní vzorec polypropylenu [15].*

Výroba vlákna

- zvlákňování z taveniny (citlivé na přítomnost O₂)
- chlazení v dlouhé šachtě (nízká tepelná vodivost)
- nedloužené vlákno má 70% krystaliniky
- dloužení s krčkem⁴ = 3,5
- při vyšších rychlostech zvlákňování nad 1000 m. min⁻¹

Výrobní postup je u polypropylenových vláken kontinuální [20].

Tabulka č. 1: *Výhody a nevýhody při použití polypropylenu.*

Výhody	Nevýhody
Odolnost vůči oděru	Nízké, pomalé zotavení
Nízká měrná hmotnost	Nízká navlhavost
trvanlivost	Nepříjemný voskovitý omak
Snadná formovatelnost	Malá tuhost
Nízká úroveň elektrostatického náboje	Nízká barvitelnost
Odolnost vůči chemikáliím	Nízká tepelná odolnost

⁴ Stupeň dloužení krčkem má rozhodující vliv na mechanicko-fyzikální vlastnosti vláken.

1.8 PŘÍSTROJE A ZAŘÍZENÍ

1.8.1 NIS Elements

Jedná se o software, jinak programově nazývaný Software LUCIA, vyvinutý pro pořízení a analýzu obrazu, interaktivní měření geometrických vlastností vláken, přízí a plošných textilií nebo jiných netextilních materiálů. Systém umožňuje archivování rozsáhlých obrazových sekvencí a jejich zpracování. Je produktem firmy Laboratory Imaging, s.r.o., Praha [27].

Použití NIS Elements:

- Jemnost vláken, přízí
- Anomálie povrchu a poškození vláken
- Průřez a tvar průřezu vláken
- Střední parametry vláken ve směsích
- Hustota a jemnost, hmotnostní a objemové podíly, délka, délkové a četnostní podíly, měrný povrch, podíly měrných povrchů vláken
- Průměr přízí
- Počet ovinků (BD příze)
- Mikroskopický pohled plošné textilie, vazba, dostava, rozbor vad
- Průřez osnovní a útkové niti ve tkanině
- Chlupatost příze
- Deformace průřezu příze ve tkanině
- Analýza povrchových struktur textilií
- Rozložení a stěsnání vláken po průřezu příze [13].

1.8.2 Dynamometr Instron 4411

Přístroj dynamometr Instron 4411 je určen ke zjišťování mechanických vlastností délkových i plošných textilií. Lze realizovat jednoosé namáhání tahem, tlakem a ohybem.

Použití, zkoušky:

- Simulace a měření pevnosti příze na standardních a krátkých upínacích délkách (0-35cm).
- Počítačovou simulací se generuje pevnost příze na libovolně větších upínacích délkách. Metoda je vhodná pro všechny druhy přízí bez ohledu na použitou technologii výroby, surovinu a strukturu.
- Rozbor tahových křivek (moduly, energie)



Obr. 10: *Dynamometr Instron 4411*[26].

- Stlačování netkaných textilií.
- Měření tření délkových textilií [26].

Parametry přístroje:

- +/-10V neohraničený analogový výstup signálu pro sílu a deformace, pokud jsou příslušné kanály připojeny
- číslicový řídicí systém pohonu příčnicku s možností měnit rychlost
- integrovanou číslicovou regulační smyčku řídicí elektroniky a sběru dat
- display dat – až tři kanály mohou zobrazovat měřené hodnoty v reálném čase
- volitelný systém jednotek – SI, metrické, dle US zvyklostí (dle výběru uživatele)
- měřicí kanály protažení a síly (jeden, další může být přidán)
- zpětný rychloposuv 600mm/min se zabudovanou zpomalovací funkcí pro přesné polohování příčnicku
- rozsah rychlosti příčnicku 0,5 mm/min až 500 mm/min
- přesné, předepjaté kuličkové šrouby pro vedení pohonu příčnicku
- maximální dráha příčnicku 1067mm
- šířka pracovního prostoru 250mm
- max. zatížení 5kN (500kg) [26].

1.8.3 Matlab a QC Expert

Matlab je programové prostředí a skriptovací programovací jazyk pro vědeckotechnické numerické výpočty, návrhy algoritmů, modelování, počítačové simulace, analýzu a prezentaci dat, měření a zpracování signálů, návrhy řídicích a komunikačních systémů [23].

QC Expert je interaktivní statistický systém pro analýzu dat off-line. Je vhodný k vyhodnocování provozních, laboratorních nebo ekonomických dat. Software obsahuje pečlivě vybrané statistické metody vyžadované jak normami a předpisy ISO 9000, 14000, QS 9000, VDA 6. x a metodikami TQM, tak i praktickými specifickými potřebami, které uvedenými normami obvykle nejsou řešeny. Tento software je součástí komplexní metodiky zpracování dat. Použité statistické techniky jsou zvoleny tak, aby pokryly celou problematiku ve standardních situacích i při porušení základních předpokladů o datech, jako je normalita, homogenita, nebo nezávislost [23].

1.9 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ EXPERIMENTÁLNÍCH DAT

Statistické zpracování experimentálních dat je důležité při ověřování předpokladů o naměřených datech, jako je normalita, homogenita nebo nezávislost dat. Jednou z možností, jak tyto předpoklady ověřit je použití interaktivního statistického systému pro analýzu dat QC EXPERT (viz kap. 1.8.3), který byl v této diplomové práci pro jejich ověření použit [14].

1.9.1 Nezávislost dat

Vzájemná nezávislost dat je základním předpokladem pro kvalitní měření. Důvody závislosti dat:

- nestabilita měřicího zařízení, nebo změna stavu měřicího zařízení
- nekonstantnost podmínek měření

- zanedbání faktorů, které významně ovlivňují výsledek měření, jako je objem vzorků, teplota, nečistota chemikálií
- nesprávný, nenáhodný výběr vzorků k měření

Závislost dat je nežádoucím jevem, proto se při vzniku této situace doporučuje měření zopakovat [12].

1.9.2 Normalita

Na normalitě výběrového rozdělení je založena celá klasická analýza dat, testování vybočujících měření a testy nezávislosti prvků výběru [12].

1.9.3 Homogenita

K nehomogenitě naměřených dat dochází při výskytu vybočujících měření v souboru naměřených dat. Může být způsobena také nevhodnou specifikací souboru. Nehomogenní data zkreslují odhady průměru a rozptylu, takže zcela znehodnocují další statistickou analýzu. V případě zjištění nehomogenních dat v souboru je nutné tato data odstranit a znovu provést tento test, aby mohla být homogenita přijata.

1.9.4 Korelační koeficient

Korelační analýza je jednou z důležitých informací při analýze možných vztahů mezi měřenými veličinami. Korelace vyjadřuje v podstatě míru lineární závislosti mezi proměnnými, vyjadřuje se pomocí korelačních koeficientů [18].

Párový a parciální korelační koeficient může obecně nabývat hodnot od -1 do +1. Hodnoty blízké +1 ukazují na silnou lineární závislost mezi dvěma proměnnými [18]. V případě kladné korelace hodnoty obou proměnných zároveň stoupají. V případě záporné korelace hodnota jedné proměnné stoupá a druhé klesá. V případě neexistence lineárního vztahu $R = 0$. Je nezávislý na jednotkách původních proměnných, je

bezrozměrný. Při změně pořadí proměnných se výše korelačního koeficientu nemění. Korelační koeficient je platný pouze v rozmezí daném použitými daty [9].

O tom, jak velikou hodnotu korelačního koeficientu je již možné považovat za statisticky významnou závislost, lze rozhodnout na základě testu významnosti korelačního koeficientu. Korelační koeficienty mohou být: párové, vícenásobné, parciální a Spearmanovy.

1.9.5 Párové porovnání

Párové porovnání analyzuje jeden a týž soubor měřený dvakrát za dvou různých podmínek, tím vznikne dvojice proměnných x , y . Cílem je rozhodnout, zda tyto podmínky ovlivňují měřenou hodnotu. Při tom se především posuzuje, zda střední hodnota rozdílu první a druhé proměnné $E(x - y)$ je statisticky odlišná od nuly. Analýza slouží především k rozhodnutí, zda dva soubory naměřených dat mají a) shodná rozdělení a b) shodné střední hodnoty a rozptyly [23].

1.9.6 Porovnání dvou nezávislých výběrů

Nezávislé výběry x , y jsou obecně různě veliké a mezi jednotlivými čísly v jednom a druhém výběru není souvislost. Pořadí prvků obou výběrů lze libovolně zaměnit bez ztráty informace. Hlavním cílem analýzy je rozhodnout, zda se liší střední hodnoty $E(x)$ a $E(y)$ obou výběrů [23].

1.10 VÝPOČTY MODELŮ A VZORCE

Tato část se zabývá modely tažnosti dvojmo skané polypropylenové příze. Vychází se z tahového namáhání, pevnosti a tažnosti multiaxiální textilie⁵. Bylo

⁵ Multiaxiální textilie – jsou různými úhly zmiňovaných vláknenných soustav k ose textilie a sobě navzájem.

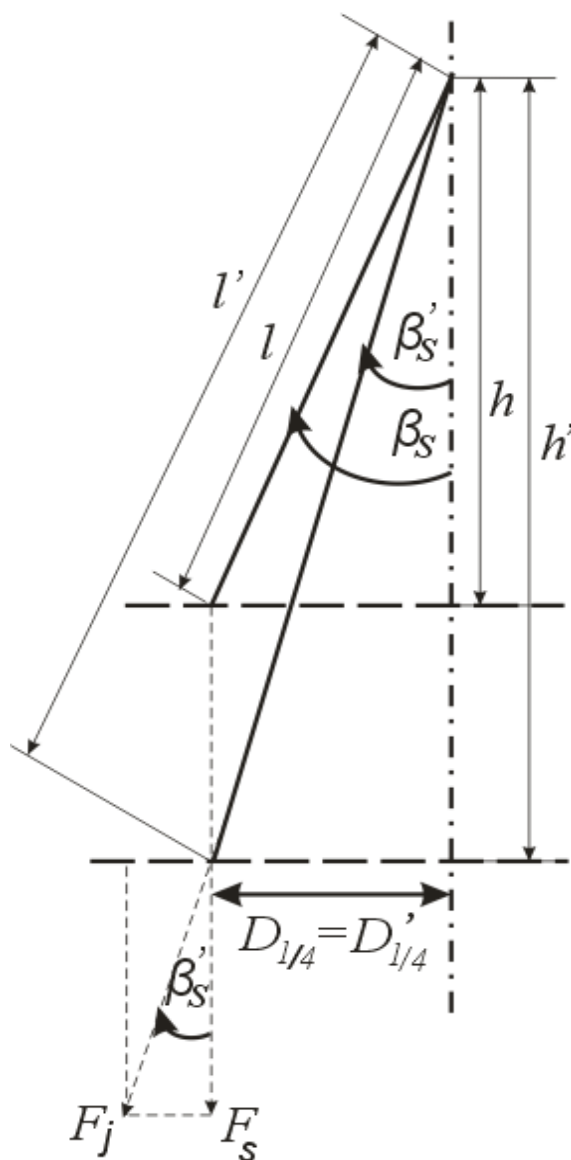
vycházeno ze vztahů pro teoretické modely tažnosti, které jsou popsány v [16]. Namáhání vlákna multiaxiální textilie, které byly modifikovány pro potřeby dvojmo skané příze. Při používání jsou multiaxiální textilie namáhány různě. Při jejich zkoušení se nejčastěji užívá dynamometr Instron 4411, do jehož čelistí se vzorek textilu upne. Deformace textilie, vyvozená oddalováním čelistí, pak vyvolává měřenou tahovou sílu [16].

1.10.1 Odvození vztahů pro teoretické modely tažnosti dvojmo skané příze

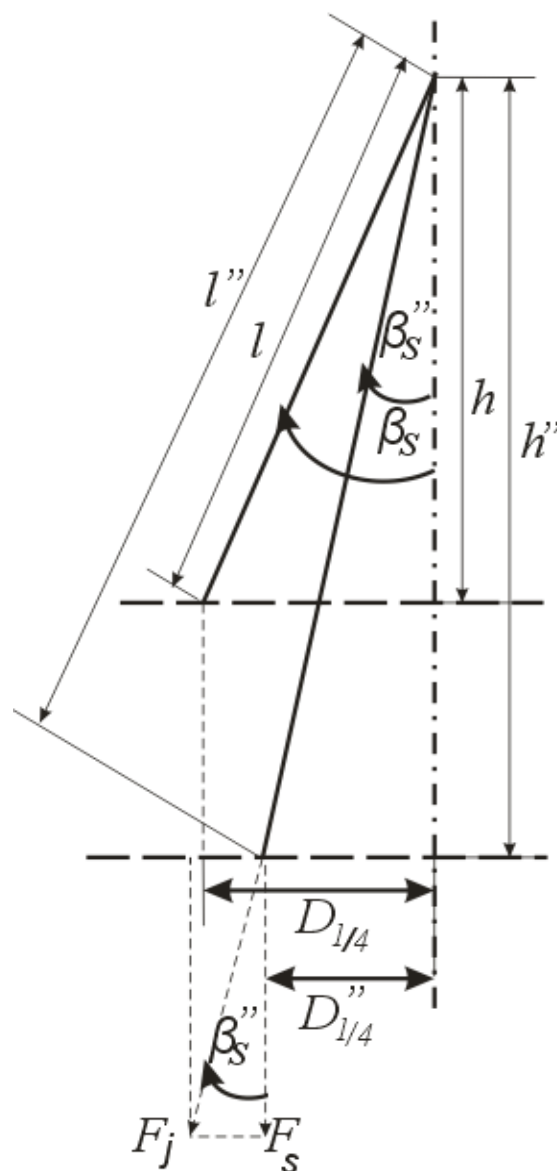
Příze, která je skaná ze dvou jednoduchých přízí má vůči těmto přízím vyšší tažnost. Taktéž tažnost klesá, čím větší je jemnost skané i jednoduché příze. Je jisté, že při namáhání dvojmo skané příze se parametry této příze budou měnit, a tedy v okamžiku přetržení příze se mění od parametrů původních. Tyto změny je možno zachytit pomocí matematických vztahů.

Obrázek č. 11 naznačuje schéma průběhu namáhání dvojmo skané příze. Je zde zachycen konkrétně úsek jedné poloviny ovinu dvojmo skané příze, kde dochází ke změně původní délky z l na l' během namáhání, kdy je tato příze upnuta v čelistech dynamometru. Výchozí upínací délka jedné poloviny tohoto ovinu je označována jako h a délka v okamžiku přetržení dvojmo skané příze je h' . Na schématu jsou dále znázorněny síly, které působí na dvojmo skanou přízi a způsobují její poměrné prodloužení. Ve směru osy dvojmo skané příze působí síla F_s , která je dále rozložena na sílu F_j , jež působí ve směru osy jednoduché příze. Tento model naznačuje možnost, kdy se během působení těchto sil na přízi mění úhel sklonu osy jednoduché příze k ose dvojmo skané příze z β_s na úhel β_s' při zachování rozměru $D_{1/4}$ nebo $D_{1/4} = D_{1/4}'$ [14].

Na obrázku 12 je znázorněno, jak během namáhání dochází ke změnám, které byly naznačeny na předešlém schématu (obr. 11), tak ke změně/zmenšení průměru namáhané příze z $D_{1/4}$ na $D_{1/4}''$.



Obr. 11: Schéma namáhání dvojmo
skané příže bez uvažování
kontrakce průměru [14].



Obr. 12: Schéma namáhání dvojmo
skané příže s uvažováním
kontrakce průměru [14].

1.10.2 Odvození matematického modelu tažnosti dvojmo skané příže bez uvažování kontrakce průměru

U modelu dvojmo skané příže se předpokládá, že průměr se během jejího namáhání nemění, viz obr. 11. Podle tohoto obrázku platí, že $D_{l/4} = D'_{l/4}$

Mění se tedy pouze úhel β_s (úhel, který svírá osa jednoduché příže s osou dvojmo skané příže), viz vztahy (15) na str. 25. První variantou vyjádření tohoto úhlu je zachyceno

vztahem (16) a následně také změna tohoto úhlu způsobená vlivem namáhání je vyjádřena pomocí vztahu (17).

$$\cos\beta_s = \frac{h}{l} \quad (16)$$

$$\cos\beta_s = \frac{h'}{l'} \quad (17)$$

Pro popis změn délek se zavede poměrné prodloužení příze skané ε_s a jednoduché ε_j :

$$\varepsilon_j = \frac{l' - l}{l} = \frac{l'}{l} - 1 \Rightarrow l' = l(1 + \varepsilon_j) \quad (18)$$

$$\varepsilon_s = \frac{h' - h}{h} = \frac{h'}{h} - 1 \Rightarrow h' = h(1 + \varepsilon_s) \quad (19)$$

Dosazením vztahů (19) a (20) do (17) a (18) vznikne vztah:

$$\cos\beta_s = \frac{h'}{l'} \Rightarrow \frac{h(1 + \varepsilon_s)}{l(1 + \varepsilon_j)} \Rightarrow \cos\beta_s \frac{(1 + \varepsilon_s)}{(1 + \varepsilon_j)} \quad (20)$$

Jestliže podle Pythagorovy věty platí, že:

$$(D/4)^2 = l^2 - h^2 \quad (21)$$

tak potom platí:

$$(D'/4)^2 = l'^2 - h'^2 \quad (22)$$

Při převedení vztahů (22) a (23) do rovnosti vznikne:

$$l^2 - h^2 = l'^2 - h'^2 \quad (23)$$

Při znalosti vztahů (16), (17), (18) a (19) se vztah (23) převede na vztah (24) a následným odvozováním vznikne vztah, jehož pomocí lze vyjádřit tažnost dvojmo skané příze bez uvažování kontrakce průměru, viz vztah (30).

$$l^2 - h^2 = l^2(1 + \varepsilon_j^2) - h^2(1 + \varepsilon_s^2) \quad (24)$$

$$1 - \frac{h^2}{l^2} = \frac{l^2(1 + \varepsilon_j)^2}{l^2} - \frac{h^2(1 + \varepsilon_s)^2}{l^2}$$

$$1 - \cos^2 \beta_s = (1 + \varepsilon_j)^2 - \cos^2 \beta_s (1 + [\varepsilon_s])^2$$

$$1 - \cos^2 \beta_s + \cos^2 \beta_s (1 + [\varepsilon_s])^2 = (1 + \varepsilon_j)^2$$

Druhou variantou výpočtu $\cos^2 \beta_s$ pro vztahy výpočtu tažnosti dvojmo skané příze bez uvažování kontrakce průměru je vztah (15), který vznikl při znalosti vztahů (25), (26), (27), (28) a (29). Následně je možné z nich odvodit i vztah tažnosti jednoduché příze ε_j i finálně dvojmo skané, viz vztahy (33) a (37) [16]:

$$\operatorname{tg} \beta_s = \frac{\sin \beta_s}{\cos \beta_s} \Rightarrow \sin \beta_s = \operatorname{tg} \beta_s \cdot \cos \beta_s \quad (25)$$

$$\operatorname{tg} \beta_s = \frac{\pi D_1}{2} \cdot Z_s \quad (26)$$

$$\cos^2 \beta_s + \sin^2 \beta_s = 1 \Rightarrow \cos^2 = 1 - \sin^2 \beta_s \quad (27)$$

$$\cos^2 \beta_s = 1 - (\operatorname{tg} \beta_s^2 \cdot \cos^2 \beta_s) \Rightarrow \cos^2 \beta_s - 1 = -\operatorname{tg} \beta_s^2 \cdot \cos^2 \beta_s \quad (28)$$

$$\cos^2 \beta_s = \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \beta_s + 1} \Rightarrow \frac{1}{\left(\frac{\pi D_1}{2} \cdot Z_s\right) + 1} \quad (15)$$

$$\varepsilon_j = \sqrt{1 + \cos^2 \beta_s \cdot (2\varepsilon_s + \varepsilon_s^2)} - 1 \quad (29)$$

$$\varepsilon_s = \sqrt{1 + \frac{2\varepsilon_j + \varepsilon_j^2}{\cos^2 \beta_s}} - 1 \quad [-] \quad (30)$$

Při velmi malé hodnotě ε_s je možné zjednodušit vztah (30) a tím vznikne zjednodušený model tažnosti dvojmo skané příze bez kontrakce.

Vezme-li se v úvahu, že [24]:

$$\sqrt{1 + 2 \varepsilon_s \cos \beta_s} \cong 1 + \varepsilon_s \cos^2 \beta_s \quad (32)$$

$$\varepsilon_j = \sqrt{1 + \cos^2 \beta_s (2 \varepsilon_s + \varepsilon_s^2)} - 1 = \sqrt{1 + 2 \varepsilon_s \cos^2 \beta_s} \cong (1 + \varepsilon_s \cos^2 \beta_s - 1 = \varepsilon_s \cos^2 \beta_s \quad (33)$$

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_j}{\cos^2 \beta_s} \quad [\%] \quad (14)$$

Kde ε_s tažnost dvojmo skané příze [%]

ε_j tažnost jednoduché příze [%]

β_s úhel, který svírá osa jednoduché příze s osou dvojmo skané příze [°]

D_I průměr dvojmo skané příze [m]

Z_s skací zákrut [1/m]

1.10.3 Odvození matematického modelu tažnosti dvojmo skané příze při uvažování kontrakce průměru

Rozměry dvojmo skané příze by se mohly přeorientovat na změnu nebo zmenšení průměru této příze. Tato situace je naznačena na obr. 12 na straně 33. Podle tohoto obrázku tedy platí, že $D_{1/4} > D''_{1/4}$ což lze vyjádřit použitím koeficientu k jako

$D_{1/4} = k \cdot D''_{1/4}$. Jelikož není známo, jak přesně se hodnota průměru změní, použije se

pro toto vyjádření koeficient k , kde $k > 1$, $D'_{1/4} = \frac{D_{1/4}}{k}$

Pro další uvažování kontrakce průměru se použije stejný myšlenkový postup jako v předchozí kapitole 1.10.2, s tím rozdílem, že se vezme v úvahu koeficient k (viz tabulka č. 10, str. 51). Následující vztahy budou tedy vypadat takto: Vyjádření změny úhlu β_s , ze vztahu (16) na vztah (35).

$$\cos \beta_s = \frac{h}{l} \quad (16)$$

$$\cos\beta s'' = \frac{h''}{l''} \quad (34)$$

Pro popis změn délek se zavede poměrné prodloužení příze skané ε_s a jednoduché ε_j :

$$\varepsilon_s = \frac{h'' - h}{h} = \frac{h''}{h} - 1 \Rightarrow h'' = h(1 + \varepsilon_s) \quad (35)$$

$$\varepsilon_j = \frac{l'' - l}{l} = \frac{l''}{l} - 1 \Rightarrow l'' = h(l + \varepsilon_j) \quad (36)$$

Jestliže podle Pythagorovy věty platí, že

$$(D^{1/4})^2 = l^2 - h^2 \quad (37)$$

$$(D''^{1/4})^2 = k^2(l'^2 - h'^2) \quad (38)$$

$$l'^2 - h'^2 = k^2(2) (l''^2 - h''^2) \quad (39)$$

Při znalosti vztahů (16), (34), (35) a (36) se vztah (39) převede na vztah (40) a následným odvozováním vznikne vztah (41), jehož pomocí lze vyjádřit tažnost dvojmo skané příze při uvažování kontrakce průměru [16]:

$$l'^2 - h'^2 = k^2 [l^2(1 + \varepsilon_j)^2 - h^2(1 + \varepsilon_j)^2] \quad (40)$$

$$1 - \frac{h^2}{l^2} = k^2 [(1 + \varepsilon_j)^2 - \frac{h^2}{l^2}(1 + \varepsilon_j)^2]$$

$$1 - \cos^2\beta s = k^2 [(1 + \varepsilon_j)^2 - \cos^2\beta s(1 + \varepsilon_j)^2]$$

$$\varepsilon_s = \frac{1}{k \cos\beta s} \sqrt{k^2(1 + [\varepsilon_j])^2 - \sin^2\beta s} - 1 \quad [-] \quad k > 1 = \left(\frac{1}{k} \in (0.1)\right) \quad (41)$$

Při porovnání tažnosti experimentálních dat, bez pojetí předchozích vztahů, s tažností jednoduché příze vznikne vztah (42) [16]:

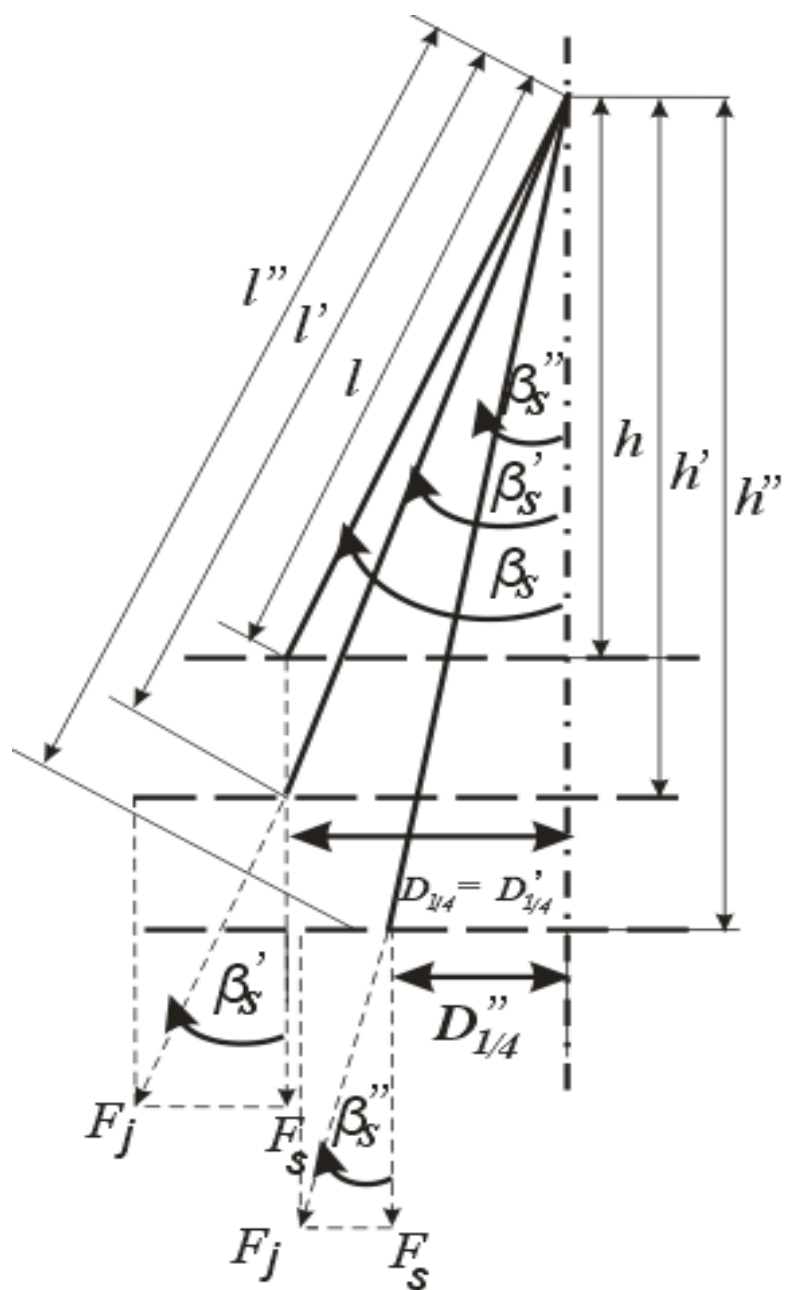
$$\varepsilon_{s1} = \varepsilon_j \quad (42)$$

1.11 VÝSLEDKY MODELŮ TAŽNOSTI

Z předchozích odvození vyplývá, že vznikly čtyři teoretické modely pro výpočet tažnosti dvojmo skané příze. Následující tabulka č. 2 obsahuje odvozené modely tažnosti dvojmo skané příze, které budou v následující části sloužit pro porovnání s experimentálními daty. Na obr. 13 je souhrnné schéma zachycující možnosti chování dvojmo skané příze při jejím namáhání. Výpočty k těmto modelům jsou znázorněny v kapitole 1.10.2 a 1.10.3.

Tabulka č. 2: *Odvozené modely tažností pro dvojmo skané příze*

Název	Vztah
Model, kdy tažnost skané příze je roven tažnosti jednoduché příze	$\varepsilon_{s1} = \varepsilon_j \quad (42)$
Zjednodušený model tažnosti bez uvažování kontrakce průměru	$\varepsilon_{s2} = \frac{\varepsilon_j}{\cos^2 \beta_s} \quad (14)$
Model tažnosti bez uvažování kontrakce průměru	$\varepsilon_{s3} = \sqrt{1 + \frac{2\varepsilon_j + \varepsilon_j^2}{\cos^2 \beta_s}} - 1 \quad (30)$
Model tažnosti při uvažování vzniku kontrakce průměru	$\varepsilon_{s4} = \frac{1}{k \cos \beta_s} \sqrt{k^2 (1 + [\varepsilon_j])^2 - \sin^2 \beta_s} - 1 \quad (41)$



Obr. 13: Shrnutí schémat z obrázků č. 11 a 12 [14].

1.11.1 Vysvětlení k modelům tažnosti dvojmo skané příze.

V této kapitole následuje vysvětlení všech čtyř výše uváděných modelů. Které jsou seřazeny od nejjednoduššího po nejsložitější model:

ε_{J1} - Toto je nejjednodušší model tažnosti. Je určen pro porovnání tažnosti jednoduché příze s naměřenými experimentálními daty dvojmo skané příze. Pro tento účel není potřeba výpočetní vzorec. Výsledky tažností jsou počítány a uváděny v procentech.

ε_{s2} – Zjednodušený model tažnosti, který nebere v potaz posouzení s měnícím se průměrem příze během tahového namáhání příze. Uvádí tažnost jednoduché příze s úhlem, který svírá osa jednoduché příze s osou dvojmo skané. Kde bližší výpočet úhlu β_s je uveden u vztahu (14). Výsledky jsou počítány a uváděny v procentech.

ε_{s3} – Tento model též nebere v úvahu změnu kontrakce průměru příze, během jejího tahového namáhání. Podobně jako u modelu ε_{s2} se zde počítá se zmíněným úhlem β_s . Celý výpočetní vztah byl odmocněn pro zmenšení všech součtů a následně odečten od jedné. Výsledky jsou bez rozměrné, je tedy nutné převádět na procenta.

ε_{s4} – Model tažnosti s uvažováním kontrakce měnícího se průměru, je rozvinutým vztahem vycházejícím z modelu ε_{s2} . Uvažuje, že se při tažnosti příze mění úhel β_s , jež svírá osa jednoduché příze s osou dvojmo skané. Tento výpočetní vztah (41) je rozveden na str. 36. Protože není jisté, jak se průměr dvojmo skané příze bude měnit, z toho důvodu bylo uvažováno k rozšíření na více modelů s více koeficienty. Výsledky jsou též bezrozměrné, tedy se převádějí na procenta.

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1.1 Postup při měření tažností přízí jednoduchých i dvojmo skaných

Měření tažnosti kompaktních přízí bylo realizováno na přístroji dynamometru Instron 4411. Příze jsou produktem firmy Spolsin spol. s r.o. ze 100 % polypropylenu. Od této firmy byly dodány jednoduché příze. Hodnoty tažnosti jednoduchých přízí byly katedrou předem zjištěny na přístroji dynamometru Instron 4411. Tyto hodnoty byly měřeny stejným postupem jako u dvojmo skaných přízí (viz kap. 1.6.1, str. 24). Přehled jednoduchých přízí pro vytvoření přízí dvojmo skaných:

Tabulka č. 3: *Jemnosti a zákruty jednoduchých přízí*

100%PP, 2,2 dtex / 50 mm, šedá barva	Tj [tex] / Zj [1/m]	Tj [tex]
	20/720	2x20
	29,5/560	2x29,5
	45/410	2x45

Příze na cívkách byly předpřipraveny v klimatizační komoře při konstantní teplotě 22°C a 62% vlhkosti vzduchu.

Poté byla měřena tažnost na dynamometru Instron 4411 podle normy [8]. Upínací délka byla nastavena na 500 mm \pm 2 mm a předpětí 0,5 cN/tex. U každé jemnosti přízí se provádělo minimálně 50 měření. Tento postup měření tažností přízí platí jak pro jednoduché, tak pro dvojmo skané příze podle [8].

2.1.2 Zákrut dvojmo skaných přízí

Jako orientační hodnoty pro počet zákrutů na metr byly zvoleny jmenovité hodnoty skacích zákrutů 200, 300, 400, 500 a 600. Pro samotné výpočty však bylo nutno zjistit skutečnou hodnotu zákrutů pro každou jemnost.

Buňky v tabulce č. 4 ukazují průměrné hodnoty skacích zákrutů vypočítané z již existujících přízí. Průměrná hodnota byla vypočítána z 15 měřených vzorků. Uvedené zákruty, byly vypočítány přímo při výrobě dvojmo skaných přízí při samotném skaní. Při seskání dochází ke změně původní délky příze, viz kap. 1.2.1 na str. 14.

Tabulka č. 4: *Přehled hodnot průměrných zákrutů použitých při výpočtech pro modely tažností dvojmo skaných přízí*

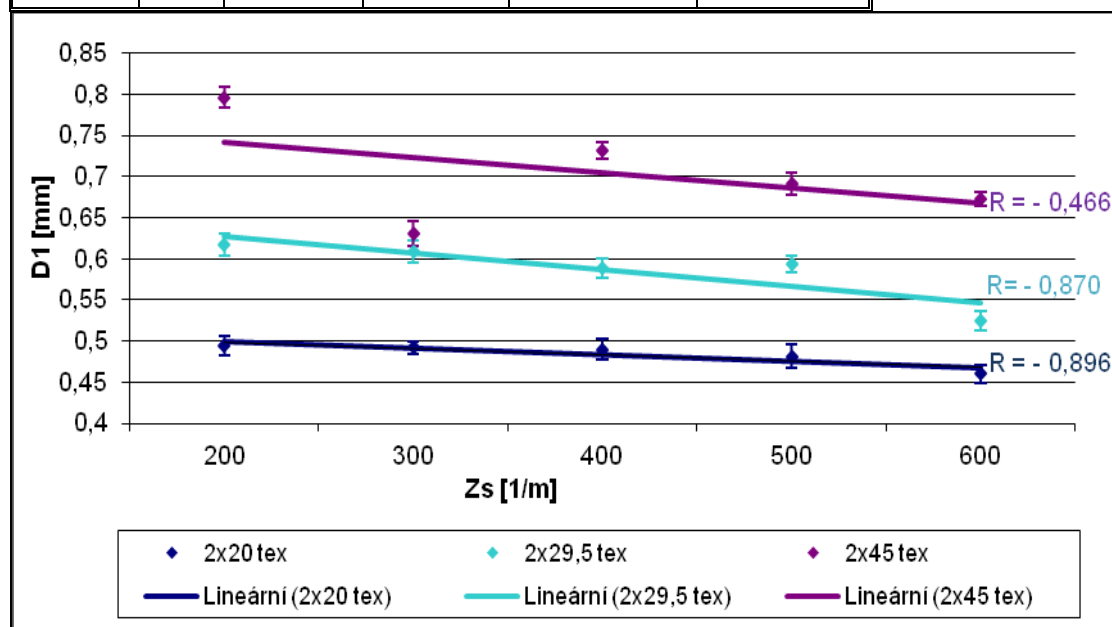
Jemnost [tex]		Z_s [1/m]	IS	
			Spodní mez	Horní mez
2x20	200	212,72	201,32	224,10
	300	295,21	289,44	312,96
	400	437,25	411,4	460,19
	500	498,19	468,71	524,29
	600	569,09	535,36	602,44
2x29,5	200	196,64	187,84	205,15
	300	288,86	271,68	306,01
	400	422,90	397,96	447,78
	500	504,07	474,12	534,00
	600	569,41	536,2	602,60
2x45	200	205,68	196,78	214,05
	300	295,29	277,84	312,68
	400	439,14	395,85	435,48
	500	498,98	470,40	528,48
	600	584,08	549,52	618,6

2.1.3 Průměr dvojmo skané příze

Při zjišťování modelových hodnot tažností dvojmo skaných přízí je prvně třeba experimentálně zjistit průměry těchto přízí, viz kap. 1.5.2 na str. 22. V následující tabulce č. 5 jsou uvedeny průměry dvojmo skaných přízí zjištěné pomocí měření v programu Nis Elements a následně vypočítané pomocí programu MatLab (viz kap. 1.8.3, str. 29). Celkové zvětšení obrazu na mikroskopu bylo na 500 μm .

Tabulka č. 5: Průměry dvojmo skaných PP přízí

Jemnost [tex]		Z_s [1/m]	D_1 [mm]	IS	
				Spodní mez	Horní mez
2x20	200	212,72	0,49	0,48	0,51
	300	295,21	0,49	0,48	0,50
	400	437,25	0,48	0,47	0,50
	500	498,19	0,48	0,46	0,49
	600	569,09	0,46	0,45	0,47
2x29,5	200	196,64	0,61	0,60	0,63
	300	288,86	0,60	0,59	0,62
	400	422,90	0,58	0,57	0,59
	500	504,07	0,59	0,58	0,60
	600	569,41	0,52	0,51	0,53
2x45	200	205,68	0,79	0,78	0,80
	300	295,29	0,63	0,61	0,64
	400	439,14	0,73	0,72	0,74
	500	498,98	0,69	0,67	0,70
	600	584,08	0,67	0,66	0,68



Obr. 14 : Průměry dvojmo skaných přízí PP přízí v závislosti na počtu zákrutů.

Na obrázku č. 14 jsou znázorněny jednotlivé skací zákruty. Osa y zobrazuje naměřené průměry dvojmo skaných přízí (D_I). Osa x zobrazuje počet skacích zákrutů na jeden metr. Podle klesajících lineárních spojnic trendu je vidět, jak jemnost přízí ovlivňuje velikost průměru. Tedy platí, čím je hodnota jemnosti menší, tím se zmenšuje i její průměr. Tento fakt platí i obráceně, tedy čím vyšší hodnota jemnosti, tím větší průměr. Lze to vysvětlit tím, že příze s vyšší hodnotou jemnosti obsahují vyšší počet vláken v průřezu a tak jsou i objemnější v průměru. Výjimkou je zde jemnost 2x45 tex, kde průměr D_I se více zvětšuje při nízkém počtu zákrutů, a stoupáním zákrutů k 300 Z/m se prudce snižuje. Vysvětlením je, že se zvyšujícím počtem zákrutů se vlivem tlaku zakrucování na přízi průměr příze zmenšuje.

Nejlineárnější jsou příze s jemností 2x20 tex a 2x29,5 tex. O čemž přesvědčuje i hodnota korelačního koeficientu R, který se více přibližuje k jedničce. Tedy příze mají silnější zápornou závislost (viz kap. 1.9.4, str.30).

Uvedená lineární spojnice trendu usnadňuje lepší orientaci v přehledu průběhu zákrutů na průměr. Je tedy dobře rozpoznat, že čím je příze jemnější, tím se zmenšují rozdíly mezi jednotlivými průměry. O čemž přesvědčuje i hodnota korelačního koeficientu, která se přibližuje jedničce.

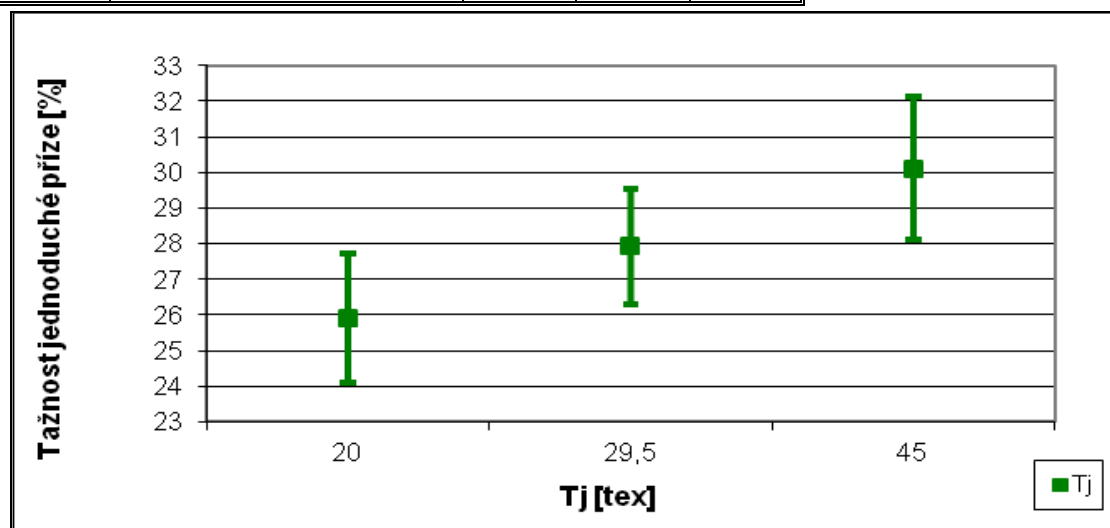
2.1.4 Experimentální hodnoty tažností jednoduchých PP přízí

Tažnosti jednoduchých přízí byly naměřeny a dopočítány podle vztahu (18) na str. 34. Měření na dynamometru Instron 4411 Při počtu padesáti trhů na jednu přízi byla hodnota upínací délky (l_0) 500 mm. Kdy za (l) – délku vzorku v okamžiku přetržení v mm byly dosazeny průměrné hodnoty vypočtené ze všech trhů [8].

Pro ilustraci je zde tabulka k přehledu tažnosti jednoduchých přízí.

Tabulka č. 6.: Tažnosti jednoduchých přízí

Jemnost jednoduché příze [tex]		20	29,5	45
Průměrná tažnost příze [%]		25,89	27,92	30,11
IS	Spodní mez	24,1	26,31	28,10
	Horní mez	27,7	29,51	32,12



Obr. 15: Tažnost jednoduchých přízí v závislosti na jemnosti.

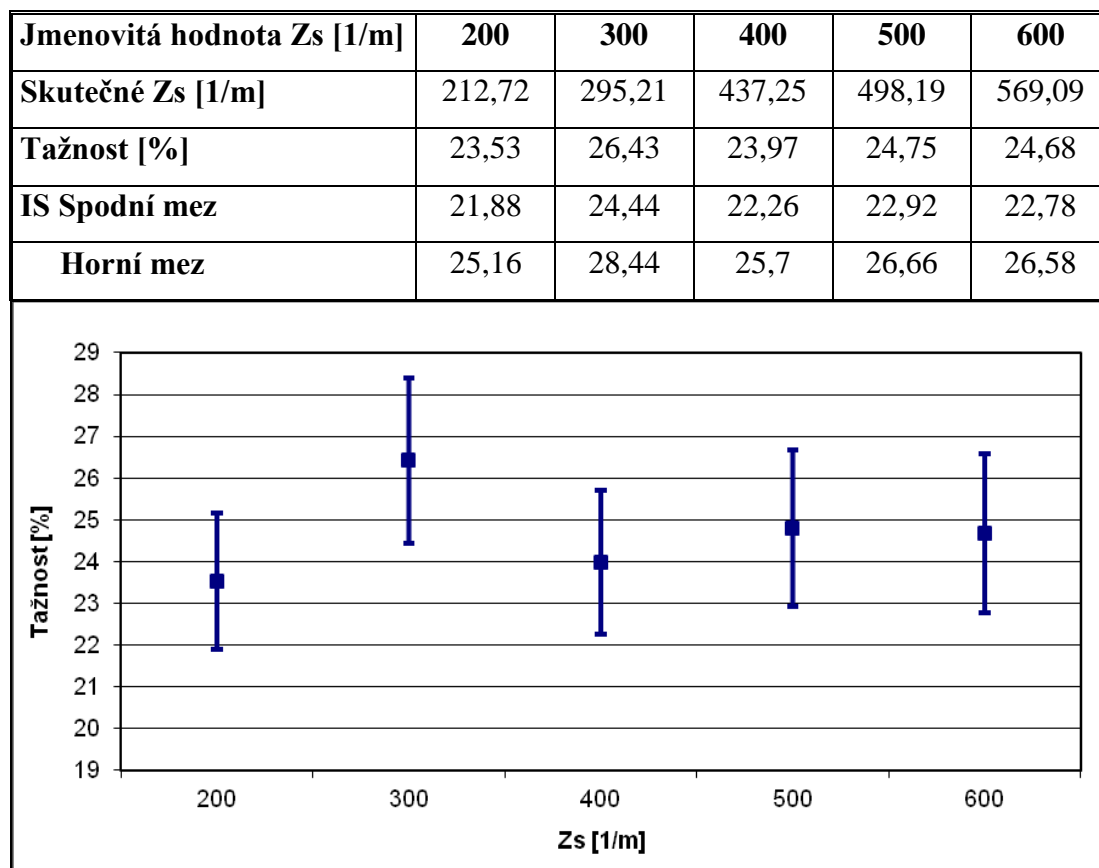
Graf na obrázku č. 15 znázorňuje stoupající tažnost v závislosti na jemnosti. Příze procentuálně stoupají ve své tažnosti nepatrně. U příze s jemností 20 tex je v porovnání s přízí 45 tex rozdíl pouze 4,2 %. Při posouzení intervalu spolehlivosti je zřejmé, že do sebe mnoho nezasahují, ale hodnoty jsou si blízké a stejně tak tažnosti. Tedy jemnost jednoduché příze ovlivňuje tažnost této příze velmi málo.

2.1.5 Experimentální hodnoty tažností dvojmo skaných PP přízí

Přístroji dynamometr Instron 4411 byl použit pro naměření hodnot k výpočtu tažností (viz kap. 1.8.2, str. 27). U každého vzorku byl pokus přetržení a měření tažnosti proveden padesátkrát [8]. Na těchto datech byly provedeny testy nezávislosti dat, homogenity a normality pomocí programu QC Expert (viz kap. 1.8.3, str. 29). Ty měly být provedeny i pro případ zpracování hodnot zákrutů a tažností jednoduchých přízí. Vybočující data byla ze souboru odstraněna. Z naměřených a otestovaných dat byly vypočítány průměrné tažnosti dvojmo skaných přízí podle vztahu (14).

V následujících tabulkách a obrázcích jsou zaznamenány hodnoty experimentálních dat, které jsou přiřazeny ke konkrétním hodnotám skacích zákrutů, (viz kap. 2.1.2, tabulka č. 4). Jsou zde zaznamenány průměrné hodnoty tažností dvojmo skaných přízí a intervalů spolehlivosti rozdělených podle jemností přízí a podle skacích zákrutů.

Tabulka č. 7: *Tažnosti dvojmo skaných přízí 100% PP 2x20 tex*

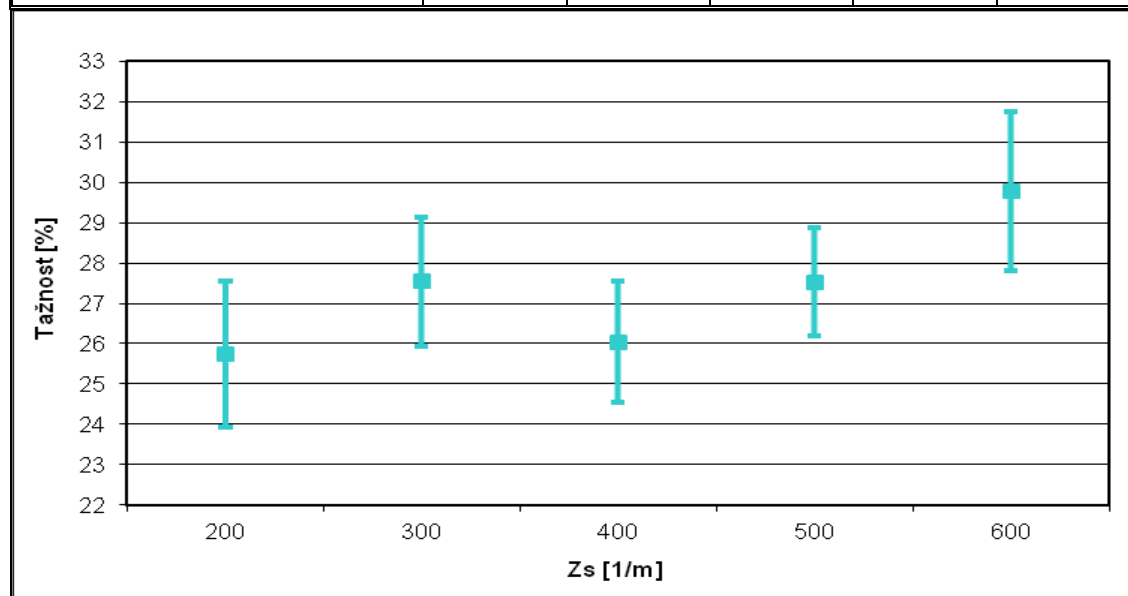


Obr. 16: *Tažnost PP příze 2x20 tex v závislosti na počtu skacích zákrutů*

Na graficky znázorněném obrázku č. 16 je vidět kolísavá tažnost. Předpokladem je, že s rostoucími zákruty poroste i tažnost přízí. Tato kolísavost je zřejmě způsobena chováním jednoduché příze ve dvojmo skané přízi při procesu skaní. Je známo, že při skaní v opačném směru než je přádní zákrut, dochází k částečnému rozkroucení jednoduchých přízí (viz kap. 1.5.1, str. 21). To způsobuje, že tažnost nejprve stoupá v hodnotách kolem 300 Z/m a následně lehce klesá. Poté se tažnost dvojmo skané příze opět zvyšuje. Zvyšování tažnosti je způsobeno nahromaděním zákrutů a seskáním, ke kterému při skaní dochází.

Tabulka č. 8: *Tažnosti dvojmo skaných přízí 100% PP 2x29,5 tex*

Jmenovitá hodnota Zs [1/m]	200	300	400	500	600
Skutečné Zs [1/m]	196,64	288,86	422,91	504,07	569,41
Tažnost [%]	25,74	27,53	26,04	27,52	29,78
IS Spodní mez	23,94	25,96	24,54	26,19	27,8
Horní mez	27,54	29,13	27,54	28,86	31,76

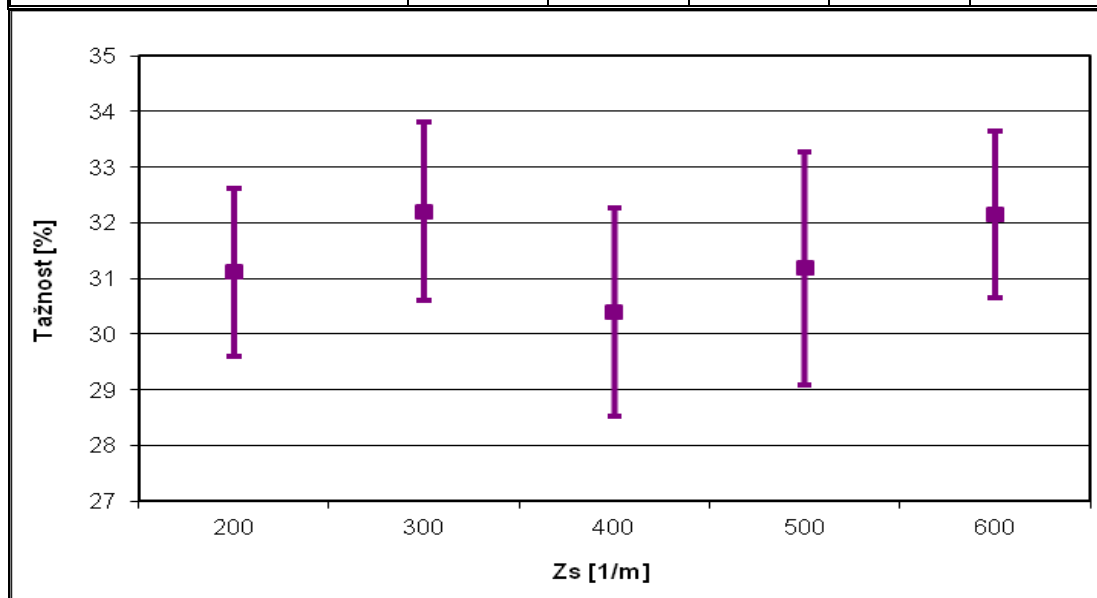


Obr. 17: *Tažnost PP příze 2x29,5 tex v závislosti na počtu skacích zákrutů*

Na obrázku 17 je vidět podobný průběh kolísání tažnosti jako u předchozího obrázku 16. Na rozdíl od jemnosti 2x20 má příze s jemností 2x29,5 celkově větší tažnost. Platí zde pravidlo, čím je hrubší příze, tím se zvětšuje její tažnost. Avšak hodnota tažnosti klesá u 400 Z/m, což je způsobeno rovněž způsobem skaní a chování jednoduché příze, která se částečně rozkroutila.

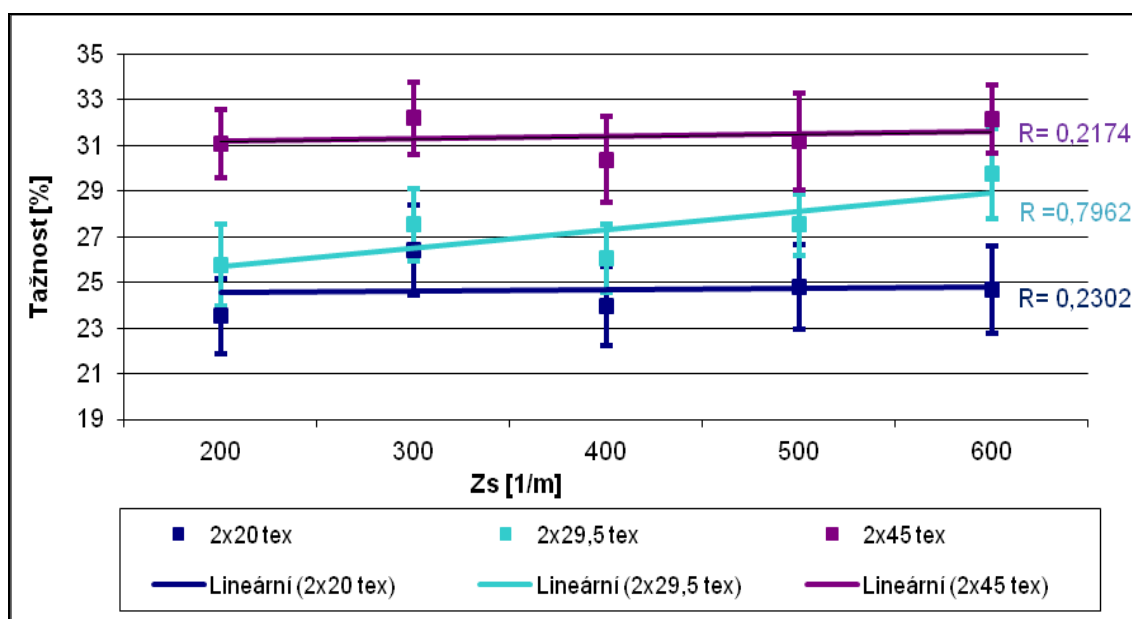
Tabulka č. 9: *Tažnosti dvojmo skaných přízí 100% PP 2x45 tex*

Jmenovitá hodnota Zs[1/m]	200	300	400	500	600
Skutečné Zs [1/m]	205,68	295,29	439,13	498,98	584,07
Tažnost [%]	31,10	32,20	30,38	31,17	32,15
IS Spodní mez	29,61	30,60	28,51	29,08	30,65
Horní mez	32,60	33,80	32,25	33,28	33,65



Obr. 18: *Tažnost PP příze 2x45 tex v závislosti na počtu skacích zákrutů*

Na graficky znázorněném obrázku č. 18 je nápadně vyšší hodnota tažnosti u zákrutu 300 Z/m. Tažnost zde nejprve stoupá u 300 Z/m a následně lehce klesá v zákrutu 400 Z/m. Od této hodnoty se tažnost dvojmo skané příze opět zvyšuje. Je pravděpodobné, že při skaní v opačném směru než je přádní zákrut dochází k rozkroucení jednoduchých přízí. Toto rozkručování se vyskytuje u zvětšující se jemnosti a menších zákrutů. Zákruty od 400 Z/m se již téměř konstantně zvětšují, což potvrzují i intervaly spolehlivosti. Skutečné zákruty přízí se mnoho neliší od jmenovité hodnoty, malou výjimkou je zákrut 500 Zs. Podobný průběh počátečního zvětšení tažnosti a následného poklesu je též znázorněn na předchozích obrázcích č. 16 a 17. Též obrázek 18 v porovnání s předchozími jemnostmi 2x20 a 2x29,5 tex, potvrzuje pravidlo, že tažnost stoupá se zvětšující hrubostí příze.



Obr. 19: Tažnosti přízí v závislosti na počtu zákrutů

Na obrázku č. 19 jsou znázorněny tažnosti PP přízí o jemnostech 20, 29.5 a 45 tex. Je zde vidět, že všechny tažnosti se zvyšují v závislosti na počtu zákrutů. Při proložení jednotlivých tažností lineárními spojnicemi trendu lze zjistit fakt, že čím je hrubší příze, tím je i její tažnost celkově vyšší.

Pomocí proložených lineárních spojnic trendu byly následně pro každou jemnost dopočítány hodnoty korelačních koeficientů (R). Byly zjištěny pozitivní závislosti mezi tažnostmi a skacemi zákruty pro každou jemnost. Čím více se R blíží hodnotě 1, tím silnější je závislost.

Z obrázku je patrné, že jemnosti 2x20 a 2x45 mají slabé kladné závislosti. Příze o jemnosti 2x29,5 tex se nejvíce blíží 1, tedy má silnější kladnou závislost, a je zde zřetelná postoupnost tažnosti u většiny zákrutů (viz kap. 1.9.4, str. 30).

Předpokladem stoupání tažnosti všech jemností u zákrutu 300 Z/m je fakt, že při skaní v opačném směru než je přádní zákrut, dochází k částečnému rozkroucení jednoduchých přízí. To způsobuje, že tažnost nejprve stoupá a následně lehce klesá v daných hodnotách.

Teoreticky platí, že se zvyšujícím se počtem zákrutů na přízi se hromadí nebo stlačuje hmota skaných vláken a příze je následně pružnější.

2.1.6 Modely tažnosti dvojmo skaných přízí

Tato kapitola obsahuje výsledky modelování tažnosti dvojmo skaných polypropylenových přízí pomocí vztahů (42), (14), (30) a (41), viz tabulka č. 2, str. 38. V následujících tabulkách č. 11 – 13, jsou zaznamenána naměřená experimentální data, skací zákruty, intervaly spolehlivosti a vypočítané modelové hodnoty. Pod tabulkami jsou obr. 20, 21 a 22, které znázorňují naměřené hodnoty a dávají přehled o čtyřech modelech, které byly vyvíjeny tak, aby se co nejvíce blížily skutečným naměřeným experimentálním datům (viz tabulka č. 2, str. 38).

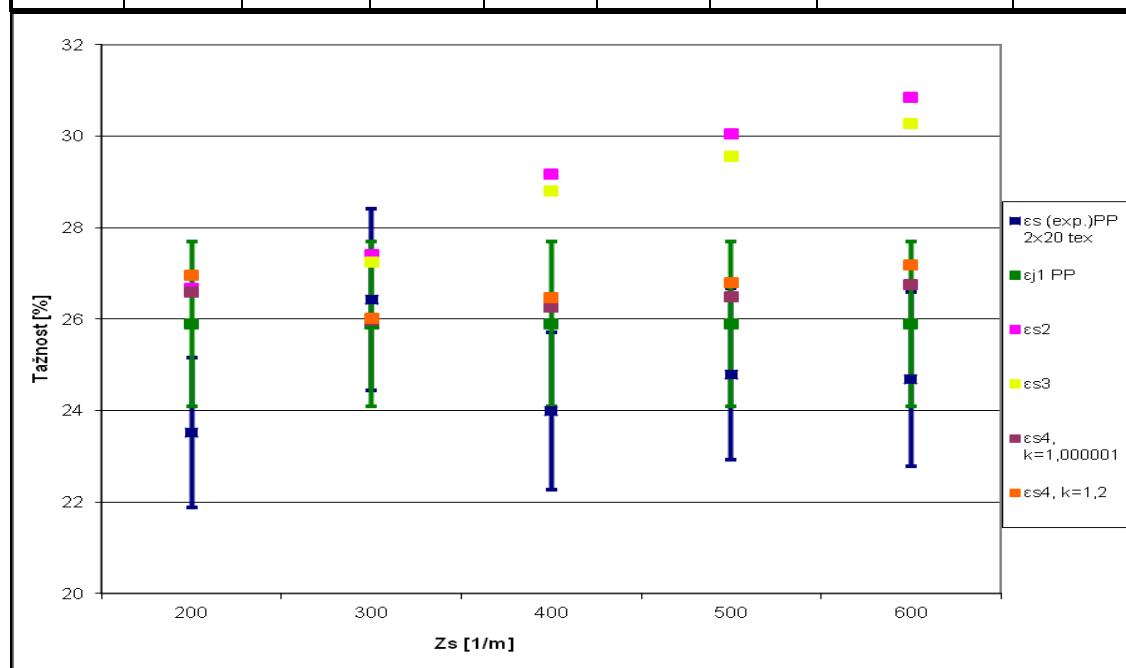
Hodnoty získané ze vztahů (14) a (30) jsou tedy označeny jako ε_{s2} a ε_{s3} . Pro výpočet vztahu (41) byl zvolen koeficient k . Pro přesnější dobrání se více výsledků a k porovnání vhodnosti koeficientu v konečném výsledku, byly pro každou jemnost dvojmo skané příze zvoleny dva koeficienty, které jsou uvedeny v tabulce č. 10. Hodnota koeficientu k_1 se rovná číslu 1,000001 a hodnota koeficientu k_2 se rovná číslu 1,2.

Tabulka č. 10: Zvolené koeficienty pro jednotlivé jemnosti

Ts [tex]	k_1	k_2
2x20	1,000001	1,2
2x29,5	1,000001	1,2
2x45	1,000001	1,2

Tabulka č. 11: *Modely tažnosti dvojmo skané příze v porovnání s experimentální tažností pro PP 2x20 tex*

Z_s [1/m]	ϵ_s (exp.) [%]	IS		ϵ_{j1} [%]	ϵ_{s2} [%]	ϵ_{s3} [%]	$\epsilon_{s4},$ $k_1=1,000001$ [%]	$\epsilon_{s4},$ $k_2=1,2$ [%]
		Spodní mez	Horní mez					
212,72	23,52	21,88	25,16	25,89	26,67	26,59	26,59	26,59
295,21	26,43	24,44	28,44	25,89	27,40	27,23	25,97	25,98
437,25	23,98	22,26	25,7	25,89	29,19	28,81	26,27	26,27
498,19	24,76	22,92	26,66	25,89	30,17	29,67	26,53	26,53
569,09	24,68	22,78	26,58	25,89	31,47	30,80	26,97	26,97



Obr. 20: *Porovnání vypočítaných modelů tažnosti bez uvažování kontrakce průměru experimentálními hodnotami tažnosti pro PP 2x20 tex*

Na obrázku 20 je vidět, jak se všechny modely chovají v porovnání s experimentálně naměřenými hodnotami. Nejblíže experimentálním datům je model ϵ_{j1} , tedy tažnost jednoduché příze.

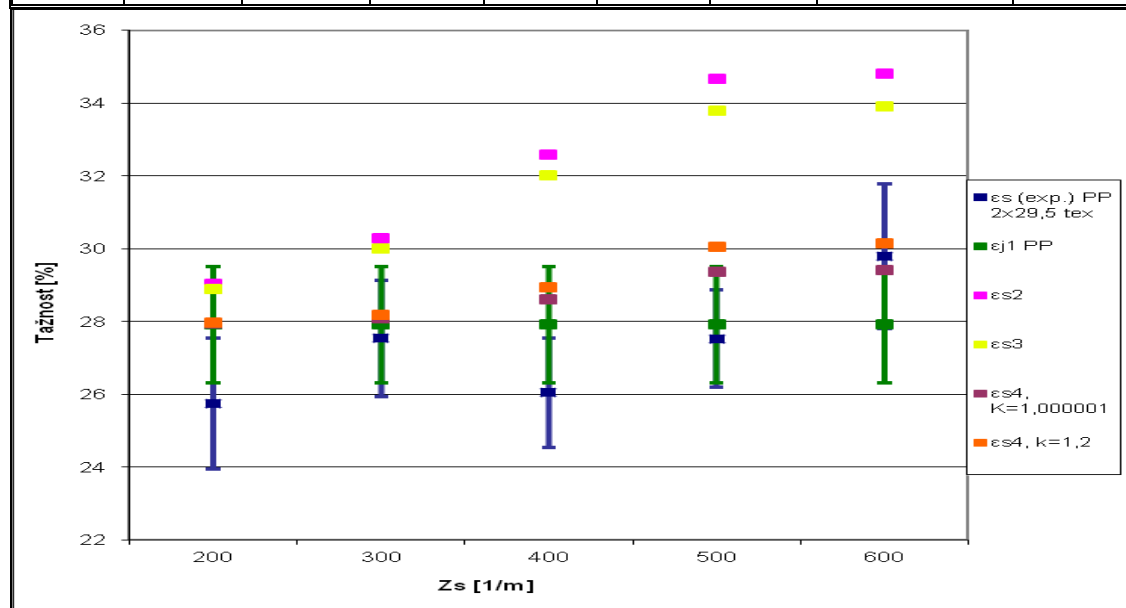
Velmi blízké jsou si hodnoty modelů ϵ_{s4} s jejich koeficienty $k_1=1,000001$ a $k_2=1,2$, ty se také více přibližují experimentálním hodnotám. Při porovnání modelů ϵ_{s4} s modely ϵ_{s2} a ϵ_{s3} , jsou modely ϵ_{s4} blíže k experimentálním datům, a velmi se liší od modelů ϵ_{s2} a ϵ_{s3} . Je to z důvodu, že vztah (41) je podrobněji propracován a užitím

druhých mocnin považuje tažnost jednoduché i skané příze za menší než je tomu u vztahů (14) a (30).

Nejvíce se přibližují experimentálním datům modely tažnosti ε_{j1} a $\varepsilon_{s4,k1}$, jak lze blíže ověřit metodou párového porovnání v tabulce č. 14 na str. 56. Stejně tak u průměrné difference, kdy se modely ε_{s2} a ε_{s3} vzdalují od 0, tak se nejvíce vzdalují od naměřených experimentálních dat.

Tabulka č. 12: Modely tažnosti dvojmo skané příze v porovnání s experimentální tažností pro PP 2x29,5 tex

Z_s [1/m]	ε_s (exp.) [%]	IS		ε_{j1} [%]	ε_{s2} [%]	ε_{s3} [%]	$\varepsilon_{s4},$ $k_1=1,000001$ [%]	$\varepsilon_{s4},$ $k_2=1,2$ [%]
		Spodní mez	Horní mez					
196,64	25,74	23,94	27,54	27,92	28,63	28,55	27,93	27,93
288,86	27,52	25,96	29,13	27,92	30,27	30,01	28,09	28,17
422,91	26,04	24,54	27,54	27,92	32,57	32,00	28,60	28,93
504,08	27,53	26,19	28,86	27,92	34,66	33,79	29,35	30,04
569,41	29,78	27,8	31,76	27,92	34,80	33,91	29,42	30,13



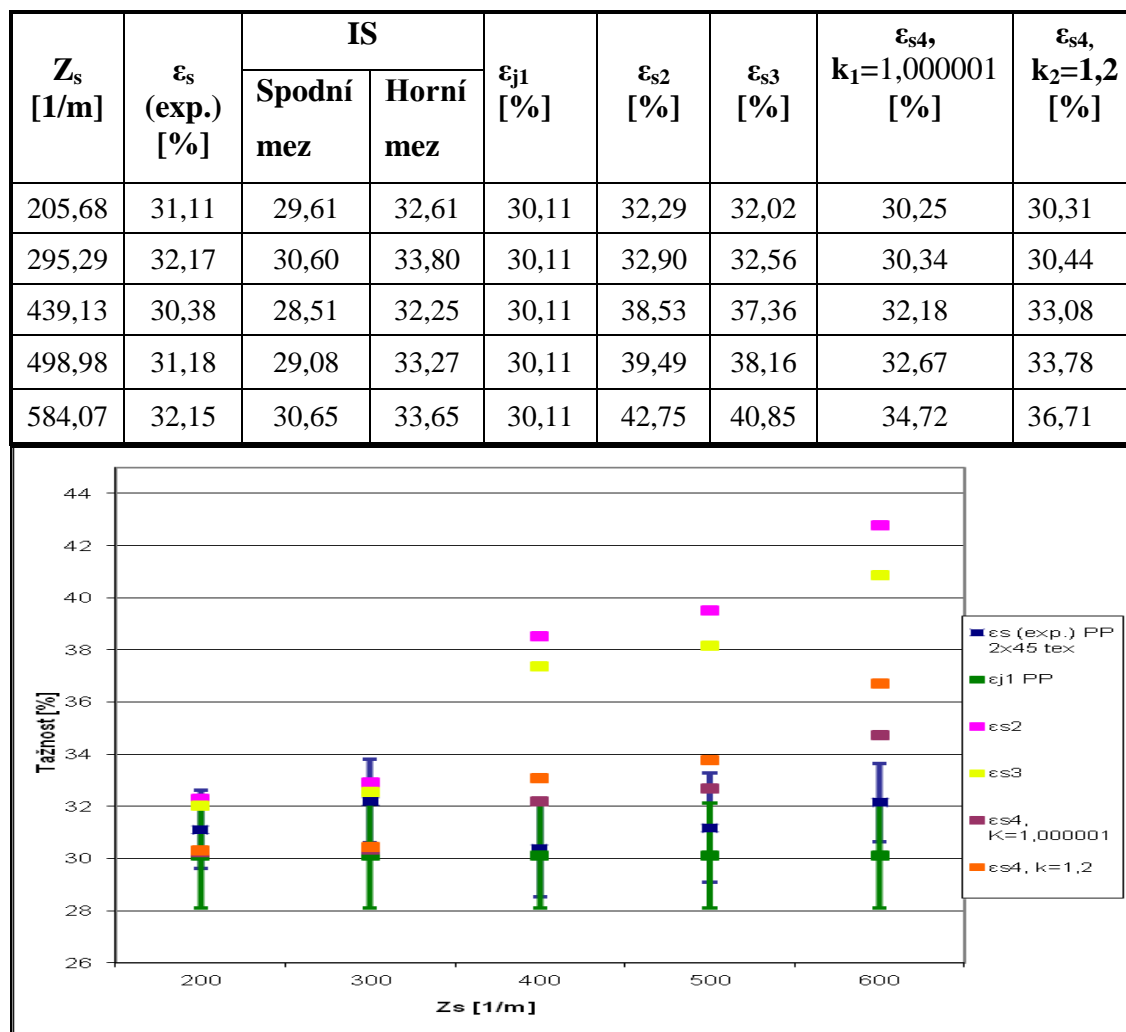
Obr. 21: Porovnání vypočítaných modelů tažnosti bez uvažování kontrakce průměru experimentálními hodnotami tažnosti pro PP 2x29,5 tex

U grafu na obr. 21 nastává podobná situace jako u grafu 20. Již při prvním pohledu lze konstatovat, že modely ε_{s2} a ε_{s3} budou nejméně přesné. Model ε_{j1} je opět nejbližší experimentálním datům dvojmo skané příze.

Model ε_{s4} s koeficientem k_1 je opět blíže experimentálním hodnotám, především u zákrutů 300 a 600. A koeficient k_2 se od nich mírně vzdaluje. Z toho vyplývá, že čím je číslo koeficientu vyšší, tím je vyšší i předpokládaná výsledná tažnost modelu, a tím více se odlišuje od hodnot experimentálních.

Experimentální hodnoty zde rostou nerovnoměrně, na rozdíl od vypočítaných modelů ε_{s2} , ε_{s3} a ε_{s4} .

Tabulka č. 13: Modely tažnosti dvojmo skané příze v porovnání s experimentální tažností pro PP 2x45 tex



Obr. 22: Porovnání vypočítaných modelů tažnosti bez uvažování kontrakce průměru experimentálními hodnotami tažnosti pro PP 2x45 tex

U obr. 22 hodnoty modelů ε_{s2} , ε_{s3} nerespektují trend experimentálních dat a to především v oblasti vyšších skacích zákrutů. Tyto hodnoty se začínají odchylovat u 400 Z/m, nastává zde podobný případ jako o grafu na obr. 20 a 21. Z tabulek č. 11 – 13 je vidět, že výsledné hodnoty pro ε_{s2} a ε_{s3} jsou si na všech úrovních zákrutů blízké.

U modelu ε_{s4} je prakticky zanedbatelný rozdíl mezi hodnotami tohoto modelu při různých koeficientech k_1 a k_2 , které se v grafech na obr. č. 20, 21 a 22 vždy nejvíce přibližují experimentálním datům. Z toho lze usoudit, že úvaha o změně průměru příze v okamžiku jejího přetržení výslednou tažností zásadně neovlivní.

Je zde vidět, že tažnosti experimentálních dat se ve skutečnosti nechovají podle pravidla čím více zákrutů, tím větší tažnost, jak předpokládají použité vztahy. Vysvětlení je, že v okamžiku přetrhu působí na přízi vnitřní síly, které při zvyšování počtu zákrutů zvyšují své napětí. Důvodem nejspíš bude také malé rozmezí skacích zákrutů u zkoumaných přízí, které nezpůsobí tak velkou změnu v tažnosti skané příze.

Model ε_{j1} je zde nejvhodnější pro teoretický popis skané příze v tomto běžně používaném rozsahu skacích zákrutů. Svou tažností nejvíce přibližuje naměřeným datům. Jelikož jednoduchá příze má pouze spřádací zákrut, její data jsou konstantní a tím se přibližuje skutečné stoupající tažnosti dvojmo skané příze.

Nutno podotknout skutečnost, že se příze nad 600 Z/m průmyslově nevyrábějí. Důvodem výrobců je, že se zvyšujícími zákruty působí na přízi vnitřní síly, které při zvyšování počtu zákrutů zvyšují napětí a tím snižují její pevnost.

2.1.7 Párové porovnání experimentálních a modelových hodnot

Tato kapitola se věnuje podrobněji porovnání těchto modelů se skutečností a následně určení, který z těchto modelů se nejvíce přibližuje experimentu.

Porovnávání bylo prováděno pomocí statistického programu QC EXPERT (viz kap. 1.8.3, str. 29), konkrétně pomocí funkce párové porovnání viz kap. 1.9.5 na str. 31. Párové porovnání bylo prováděno celkem pětkrát a to vždy mezi hodnotami experimentálními a jejich modelovými hodnotami. Byly použity všechny hodnoty, které byly získány při měření experimentálních tažností dvojmo skaných přízí. Párové porovnání bylo prováděno na všech datech.

2.1.8 Párové porovnání modelových hodnot počítaných podle vztahů (42), (14), (30), (41) a experimentálních hodnot při 200 – 600 Z/m

V této kapitole byla vytvořena následující tabulka č. 14, která zachycuje hodnoty průměrných diferencí, které značí aritmetický průměr rozdílu dvojic experiment – model. Čím více se hodnota průměrné difference blíží 0, tím jsou tedy rozdíly mezi modelem a experimentem menší. To je důležité pro určení nejpresnějšího modelu.

Tabulka č. 14 ukazuje, který model obsahuje hodnoty, jež se nejvíce přibližují 0. Je to model ε_{j1} u jemností 2x29,5 tex a následně model ε_{s4} , k_1 u jemnosti 2x45 tex. A naopak nejvyšší rozdíl od 0 se nachází u modelu ε_{s2} .

Dále tato tabulka zobrazuje také hodnoty korelačních koeficientů, které naznačují typ závislosti mezi oběma porovnávanými soubory dat. Hodnoty korelačních koeficientů, které nabývají hodnot do +1, značí perfektní kladný lineární vztah. Naopak hodnoty jdoucí do rozmezí -1, značí perfektní záporný lineární vztah.

Korelační koeficienty nepřesáhly hodnotu 0,5, což značí slabé kladné závislosti, to platí především u modelů ε_{s4} , k_1 a ε_{s4} , k_2 s jemnostmi 2x20 tex a modelu ε_{j1} s jemnostmi 2x20 a 2x29,5.tex Opačným rozdílem jsou hodnoty patřící k slabé záporné závislosti, které nepřesáhly hodnotu -0,5, korelační koeficienty dosahují $R = -0,10$. Platí to u modelů ε_{s2} , ε_{s3} , ε_{s4} , k_1 a ε_{s4} , k_2 vždy s jemností 2x45 tex. Lze se domnívat, že tento výsledek je důsledkem hlavně toho, že mezi experimentálními hodnotami tažností byly pro přízi o jemnosti 2x45 tex velké rozdíly oproti ostatním přízím, které mají růst modelové hodnoty tažnosti podstatně rovnoměrnější.

Závěrem je zřejmá skutečnost, že rozdíly mezi hodnotami jsou ve všech případech významné. To naznačuje, že žádný ze zkoumaných modelů přesně neodpovídá přímo skutečnosti, pouze se jí přibližuje. Podrobné tabulky z párového porovnání modelů s experimentálními hodnotami jsou přiložené v příloze, kde je možno potvrdit pravdivost uvedeného.

Tabulka č. 14: Výsledky z párového porovnání dosažené pomocí programu QC EXPERT při hodnotách dat pro 200 – 600 Z/m

Model	Jemnost [tex]	Průměrná difference	Korelační koeficient	Závěr
ε_{j1}	2x20	-1,1629122	0,0333941	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ
	2x29,5	-0,5114592	0,0338249	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ

	2x45	1,3130444	-0,0557653	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ
ϵ_{s2}	2x20	-4,0824348	-0,0278289	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ
	2x29,5	-4,8654610	-0,0244116	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ
	2x45	-5,7757102	-0,1053142	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ
ϵ_{s3}	2x20	-3,7480059	-0,0280176	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ
	2x29,5	-4,3180174	-0,0245474	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ
	2x45	-4,7690779	-0,1050671	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ
$\epsilon_{s4}, k_1=1,000001$	2x20	-1,6794637	0,02397842	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ
	2x29,5	-1,2834739	-0,0192325	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ
	2x45	-0,6106615	-0,1089075	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ
$\epsilon_{s4}, k_2=1,2$	2x20	-1,9481801	0,02396346	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ
	2x29,5	-1,6515695	-0,0192424	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ
	2x45	-1,4438614	-0,1088763	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ

2.1.9 Porovnání dvou nezávislých výběrů u modelových a experimentálních hodnot

U tohoto porovnání dvou nezávislých výběrů (viz kap. 1.9.6, str. 31), byl zvolen stejný postup měření a porovnávání hodnot modelů s experimentálními daty jako je uveden v kap. 2.1.7. Jedná se rozšířenější statistickou metodu dvou výběrů, jejíž účelem je potvrzení či doplnění dat ke komplexnímu posudku pro stanovení vhodnosti zvolených modelů tažnosti.

2.1.10 Porovnání dvou nezávislých výběrů modelových hodnot počítaných podle vztahů (42), (14), (30), (41) a experimentálních hodnot při 200 – 600 Z/m

V tabulce č. 15 jsou znázorněny statisticky určené poměry rozptylů. Tato teorie pravděpodobnosti ukazuje jev, který může i nemusí nastat. Z toho důvodu jsou tato data získaná QC Expertem určena pro ilustraci.

Rozptyly ukazují odchylky od střední hodnoty i mezi sebou, tedy analýza rozptylu informuje o tom, jestli mezi parametry souborů dat existuje statisticky významný rozdíl nebo ne.

Byly porovnávány testy shody průměru pro shodné průměry a testy shody průměrů pro rozdílné průměry (viz v tabulkách přílohy 2). Tyto testy jenom potvrzují závěry rozptylů u všech modelů uvedené v tabulce č. 15.

V tabulce jsou vidět rozdílné rozptyly u většiny modelů a jemností přízí. Výjimkou je model ε_{s3} s jemností 2x29,5 tex a model ε_{s4} , $k_2=1,2$ s jemností 2x45 tex u kterých jsou shodné rozptyly.

Měření neprokázalo významnou korelaci, neboli různost od nuly. U modelů ε_{s4} , $k_2=1,2$ a $\varepsilon_{s4}, k_1=1,000001$ s jemností 2x29,5 tex je nejmenší korelační koeficient. A naopak u modelů ε_{s3} s jemností 2x29,5 tex a model ε_{s4} , $k_2=1,2$ s jemností 2x45 tex jsou též slabé záporné závislosti, avšak shodné rozptyly. To bývá způsobeno výraznou odchylkou jednoho nebo obou rozdělení od normality, obvykle způsobenou asymetrií dat. Podrobné tabulky z porovnání dvou výběrů modelů s experimentálními hodnotami jsou přiložené v příloze, kde je možno jenom potvrdit pravdivost vyřčených skutečností.

Tabulka č. 15: *Výsledky z porovnání dvou nezávislých výběrů, dosažené pomocí programu QC EXPERT při hodnotách dat pro 200 – 600 Z/m*

Model	Jemnost [tex]	Poměr rozptylů	Korelační koeficient	Závěr
ε_{j1}	2x20	2,923E+018	0,0333941	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
	2x29,5	3,652E+010	0,0338249	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
	2x45	1,535E+010	-0,0557653	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
ε_{s2}	2x20	3,60854122	-0,0278289	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
	2x29,5	1,0846017	-0,0244116	Rozptyly jsou SHODNÉ
	2x45	2,9238382	-0,1053142	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
ε_{s3}	2x20	4,6624726	-0,0280176	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
	2x29,5	1,44466272	-0,0245474	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
	2x45	2,08913341	-0,1050671	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
$\varepsilon_{s4}, k_1=1,000001$	2x20	123,425216	0,0239784	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
	2x29,5	15,37237786	-0,0192325	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
	2x45	2,00381620	-0,1089075	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
$\varepsilon_{s4}, k_2=1,2$	2x20	53,4613345	0,0239634	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
	2x29,5	7,05720384	-0,0192424	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
	2x45	1,02114874	-0,1088763	Rozptyly jsou SHODNÉ

3 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo seznámit se s problematikou modelování tažnosti délkových útvarů, konkrétně dvojmo skané polypropylenové příze.

Vybrat vhodný model tažnosti dvojmo skané příze porovnáním s experimentálními daty. Teoretická část je zaměřena na definování základních pojmů týkajících se délkových útvarů. Tedy vysvětlení pojmů příze a dvojmo skané příze a dále její základní charakteristiky jako jsou jemnost, zákrut a zákrutový koeficient. A také rozbírá problematiku průměru dvojmo skané příze. Byla zde též vysvětlena tažnost dvojmo skané příze a k tomu její charakteristiky. Dále se teoretická část zaměřila na matematické vztahy výpočtu modelových hodnot dvojmo skané příze, se kterými bylo dále pracováno v experimentální části.

Hlavní myšlenkou pro odvození vhodného modelu tažnosti dvojmo skané příze byla úvaha o změně průměru dvojmo skané příze, který se během procesu namáhání mění. Otázkou bylo, zda tato změna průměru je při definování vhodného modelu tažnosti dvojmo skané příze pro výslednou hodnotu zásadní či nikoliv.

V experimentální části se prováděla měření na přístroji dynamometru Instron 4411, který je umístěn v laboratořích katedry Textilních technologií, Fakulty textilní.

Zadáním této diplomové práce bylo změřit tažnosti 100% polypropylenové dvojmo skané kompaktní příze o jemnostech 2x20, 2x29.5 a 2x45 tex. Všechny zmíněné jemnosti příze měly rozmezí zákrutů od 200 do 600 1/m.

Dané modely v teoretické části určily výsledné modely tažnosti a ty byly následně porovnány s experimentálními daty.

Ze statistické části bylo realizováno párové porovnání a porovnání dvou nezávislých výběrů pomocí programu QC Expert. Zde u párového porovnání byly zjištěny hodnoty průměrných diferencí, korelačních koeficientů a následně byl učiněn závěr o významnosti či nevýznamnosti rozdílu. U všech modelů se vztahy (42), (14), (30) a (41) s posouzením experimentálních dat byly rozdíly významné, lze tedy konstatovat, že žádný z výsledných modelů přesně nekopíroval data experimentálních hodnot tažnosti dvojmo skané kompaktní PP příze.

Největší rozdíl od experimentálních dat mají modely ε_{s2} a ε_{s3} . Kde zjednodušený model ε_{s2} má podobné hodnoty spolu s rozšířeným vztahem modelu ε_{s3} . Potvrzuje to i průměrná difference v párovém porovnání (viz kap. 2.1.8, str. 56), která se u těchto modelů nejvíce vzdaluje od 0. Tyto vztahy (14) a (30) neberou v úvahu měnící se

kontrakce průměru dvojmo skané příze při měření tažnosti a to především v oblasti vyšších skacích zákrutů. Je možno říci, že čím je výpočetní model jednodušší, tím se méně podobá měřené skutečné tažnosti viz ε_{s2} . Tudíž modely ε_{s2} a ε_{s3} nejsou vhodné pro hodnocení tažnosti dvojmo skané kompaktní příze ve skutečnosti.

U modelu ε_{s4} je zanedbatelný rozdíl mezi hodnotami tohoto modelu při různých koeficientech. Model ε_{s4} , k_2 (koef.1,2) v porovnání s experimentálními daty, díky koeficientu vzdalujícímu od jedničky se řadí mezi modely méně přesné. Je to díky skutečnosti, že se zvyšující se hodnotou koeficientu, následně roste i úhel β_s podle vztahu (41). Tedy platí, čím větší je zvolen koeficient úhlu, který svírá osa jednoduché příze s osou dvojmo skané, tím více se ve výpočetním vztahu, viz vztah (41), vzdaluje od měřené skutečné tažnosti příze. Z toho vyplývá, že ε_{s4} , k_1 (koef. 1,000001) má nejbližší koeficient k číslu 1 a představuje více přesný model tažnosti k experimentálním datům. Proto velká změna průměru příze vyjádřená koeficientem k při procesu namáhání neovlivní výslednou tažnost, tak aby se přibližovala naměřeným datům.

Z výsledků párového porovnání spolu s graficky znázorněnými obrázky tažnosti modelů (viz obr. 20-22, kap. 2.1.6.) bylo zjištěno, že nejvhodnější pro teoretický popis tažnosti skané příze v tomto běžně používaném rozsahu skacích zákrutů, se nejvíce podobá model ε_{j1} – tedy model tažnosti jednoduché příze.

Je to způsobeno, tím že jednoduchá příze se u nízkých zákrutů průměrně blíží tažnosti dvojmo skané přízi. Stejně tak i průměrná diference se u modelu ε_{j1} nejvíce přibližuje 0, tedy značí blízkost k experimentálním datům.

Výsledky práce mohou být předběžným návodem pro uskutečňování řízení jakosti, v případě zautomatizování systémem, mohou usnadnit práci při zjišťování tažnosti. Je možno modelovat tažnost dvojmo skané příze při znalosti jejich parametrů, ale též je třeba brát v úvahu, že modelování nedokáže přesně napodobit skutečnost.

3.1 LITERATURA

- [1] Biernátová, O., Skůpa, J., Bibliografické odkazy a citace dokumentů dle ČSN ISO 690 (01 0197) platné od 1. dubna 2011, Brno, 2011
- [2] Dostálová, M., Křivánková, M.: Základy textilní a oděvní výroby. TU Liberec,
- [3] Drašarová, J., Krupincová, G.: Diplomová práce a bakalářská práce. Formální náležitosti. Liberec: Fakulta textilní, Technická univerzita v Liberci, 2010.
- [4] e – LTex, škola textilu [on-line]. [cit. 01. 11. 2010].
Dostupné z: <http://www.skolatextilu.cz/tkani2/img/tting05.jpg>
- [5] Interní norma č. 11-108-01/01 Definice. Geometrické veličiny vláken. Výzkumné centrum Textil, Sekce B, Technická univerzita v Liberci.
- [6] Interní norma č. 12-108-01/01. Definice. Geometrické vlastnosti staplových přízí. Výzkumné centrum Textil, Sekce B, Technická univerzita v Liberci.
- [7] Interní norma č. 32-102-01/01: Příčné rozměry dvojmo skané příze a průměr jednoduché příze. Výzkumné centrum Textil, Sekce B, Technická univerzita v Liberci.
- [8] Interní norma č. ČSN EN ISO 2062: Textilie. Nitě v návinech. Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých nití při přetrhu. Výzkumné centrum Textil, Sekce B, Technická univerzita v Liberci.
- [9] Korelační koeficient (aplikace PDF) [on-line]. [cit. 20. 11. 2010].
Dostupné z: www.pdf.cuni.cz/kpsp/skalouda/korelace.doc
- [10] Košková, B.: Struktura a vlastnosti vláken. TU Liberec, 1989
- [11] Kovačič, V.: Textilní zkušebnictví díl II. Skripta TUL. Liberec 2004
- [12] Meloun, M., Militký, J.: Statistická analýza experimentálních dat. Academia. Praha, 2004
- [13] Meloun, M., Militký, J.: Statistické zpracování experimentálních dat, Praha, 1998
- [14] Mihulová R., Modelování tažnosti dvojmo skané polypropylenové příze. Diplomová práce, TU LIBEREC 2010
- [15] Militký, J.: Textilní vlákna. Skripta TUL. Liberec 2002
- [16] Neckář, B.: Morfologie a strukturní mechanika obecných vlákenných útvarů. Skripta TUL. Liberec 2001
- [17] Neckář, B.: Studium vlivu vlastností vláken na vlastnosti příze (aplikace PDF) [on-line]. [cit. 11. 11. 2010].
Dostupné z: http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20060106/zvt_p_8.pdf

- [18] QC Expert 3.2. Software pro statistickou analýzu a řízení jakosti. Návod k programu QC Expert.
- [19] Schwartz, P.: Structure and mechanics of textile fibre assemblies, Textile fibre institute, Auburn University, USA, October 2008
- [20] Staněk J., Hynčicová J., Kovačič V.: Nauka o textilních materiálech, Díl 1., Část 2., Struktura získávání a výroba vláken. Liberec 1986
- [21] Staněk J., Nauka o textilních materiálech, Díl 1., Část 4., Vlastnosti délkových a plošných textilií, Skripta TUL, Liberec 2001
- [22] Systém projektování textilních struktur 1. etapa: Tvorba systému projektování „vlákno – příze“. Výzkumné centrum Textil, Sekce B, Technická univerzita v Liberci. (aplikace PDF) [on-line]. [cit. 20. 10. 2010].
Dostupné z: <http://centrum.tul.cz/centrum/index-sekce.html>
- [23] TriloByte statistical software – QC Expert [on-line]. [cit. 23. 10. 2010].
Dostupné z: <http://www.trilobyte.cz/Nase-Produkty/QC-Expert.html>
- [24] Ursíny, P.: Teorie předení II. díl. TU Liberec, 1992
- [25] Vyšanská, M.: Geometrické parametry dvojmo skané příze, interní materiál TUL, Liberec, 2007
- [26] Výzkumné centrum TEXTIL II – univerzální trhací přístroj INSTRON 4411 [on-line]. [cit. 23. 10. 2010]. Dostupné z: http://vct.tul.cz/prac_fyz_vl5.php
- [27] Výzkumné centrum TEXTIL II - obrazová analýza [on-line] [cit. 21. 10. 2010].
Dostupné z: http://vct.tul.cz/prac_an_vl3.php
- [28] Výzkumné centrum TEXTIL II – Dílčí projekt: Systém projektování textilních struktur [on-line]. [cit. 01. 11. 2010]. Dostupné z :
http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/1Projektovani/1.1_zaverecne_zpravy/%5B1.1.16%5D.pdf
- [28] Wikipedia, otevřená encyklopedie. [on-line] [cit. 14. 12. 2010].
Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Skan%C3%AD>
- [30] Wikipedia, otevřená encyklopedie. [on-line] [cit. 21. 10. 2010]
Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Tex_\(jednotka\)](http://cs.wikipedia.org/wiki/Tex_(jednotka))

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: viz tabulky 16 - 20

Výsledky párových porovnání mezi modelovými a experimentálními hodnotami dosažené pomocí programu QC Expert.

Příloha 2: viz tabulky 21 - 25

Výsledky porovnání dvou nezávislých výběrů mezi modelovými a experimentálními hodnotami dosažené pomocí programu QC Expert.

Příloha 1

Výsledky párových porovnání mezi modelovými a experimentálními hodnotami dosažené pomocí programu QC Expert.

Tabulka č. 16: *Porovnávání experimentálních hodnot a ϵ_j*

Hladina významnosti	0,05	0,05	0,05
Porovnávané sloupce	exp.a model ϵ_j 2x20 tex	exp.a model ϵ_j 2x29,5 tex	exp. a model ϵ_j 2x45 tex
Analýza difference	X - Y	X - Y	X - Y
Počet dat	300	250	250
Průměrná difference	-1,16291221	-0,5114592	1,3130444
Interval spolehlivosti	-1,50458988	-0,8121974615	1,02016545
	-0,8212345411	-0,2107209385	1,60592335
Směrodatná odchylka	2,992039752	2,414318567	2,351224232
Rozptyl	8,952301878	5,828934145	5,52825539
Korelační koeficient	0,03339419919	0,03382491363	-0,05576534409
Test významnosti rozdílu			
t-statistika	20,04126614	21,567893	20,76105486
Počet stupňů volnosti	300	250	249
Kritická hodnota	1,968010728	1,969536868	1,969536868

Závěr	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ
Pravděpodobnost	5,30782146E-011	0,000464802847	9,53657723E-017

Tabulka č. 17: Porovnávání experimentálních hodnot a ε_2

Hladina významnosti	0,05	0,05	0,05
Porovnávané sloupce	exp. a model ε_2 2x20 tex	exp. a model ε_2 2x29,5 tex	exp. a model ε_2 2x45 tex
Analýza difference	X - Y	X - Y	X - Y
Počet dat	300	250	250
Průměrná difference	-4,082434886	-4,86546109	-5,77571024
Interval spolehlivosti	-4,472968111	-5,287447195	-6,381905509
	-3,69190166	-4,455471542	-5,169514971
Směrodatná odchylka	3,41986334	3,387692947	4,866519099
Rozptyl	11,69546526	11,47646351	23,68300814
Korelační koeficient	-0,02782899594	-0,02441164992	-0,1053142751
Test významnosti rozdílu			
t-statistika	70,35540885	76,92969456	91,32199732
Počet stupňů volnosti	300	250	249
Kritická hodnota	1,968010728	1,969536868	1,969536868
Závěr	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ
Pravděpodobnost	1,19924766E-071	6,61710102E-063	7,27351752E-050

Tabulka č. 18: Porovnávání experimentálních hodnot a ε_{s3}

Hladina významnosti	0,05	0,05	0,05
Porovnávané sloupce	exp.a model ε_3 2x20 tex	exp. a model ε_3 2x29,5 tex	exp. a model ε_3 2x45 tex
Analýza difference	X - Y	X - Y	X - Y
Počet dat	300	250	250
Průměrná difference	-3,748005964	-4,31801747	-4,769077998
Interval spolehlivosti	-4,128547993	-4,71392543	-5,308552357

	-3,367463936	-3,92210951	-4,229603639
Směrodatná odchylka	3,332371351	3,178338313	4,33088545
Rozptyl	11,10469882	10,10183443	18,75656878
Korelační koeficient	-0,02801765329	-0,02454743704	-0,1050671379
Test významnosti rozdílu			
t-statistika	64,59196519	68,27385091	75,40574406
Počet stupňů volnosti	300	249	249
Kritická hodnota	1,968010728	1,969536868	1,969536868
Závěr	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ
Pravděpodobnost	6,58259558E-055	6,41728524E-059	2,96497779E-045

Tabulka č. 19: Porovnávání experimentálních hodnot a ε_{s4} , $k_I=1,000001$

Hladina významnosti	0,05	0,05	0,05
Porovnáváné sloupce	exp.a model ε_{s4} , k_I 2x20 tex	exp. a model ε_{s4} , k_I 2x29,5 tex	exp. a model ε_{s4}, k_I 2x45 tex
Analýza difference	X - Y	X - Y	X - Y
Počet dat	300	250	250
Průměrná difference	-1,679463796	-1,283473962	-0,610661558
Interval spolehlivosti	-2,021787548	-1,595266118	-0,9872039095
	-1,337140044	-0,9716818058	-0,2341192065
Směrodatná odchylka	2,997697441	2,503058933	3,022871736
Rozptyl	8,98618995	6,265304023	9,137753533
Korelační koeficient	0,02397842704	-0,01923250916	-0,1089075807
Test významnosti rozdílu			
t-statistika	28,94335497	20,29350519	9,655407014
Počet stupňů volnosti	300	249	249
Kritická hodnota	1,968010728	1,969536868	1,969536868
Závěr	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ
Pravděpodobnost	1,181037E-019	1,17337265E-014	0,0007917122928

Tabulka č. 20: Porovnávání experimentálních hodnot a ε_3 , $k_2=1,2$

Hladina významnosti	0,05	0,05	0,05
Porovnávané sloupce	exp. a model ε_3 , k_2 2x20 tex	exp.a model ε_3 , k_2 2x29,5 tex	exp. a model ε_3 , k_1 2x45 tex
Analýza difference	X - Y	X - Y	X - Y
Počet dat	300	250	250
Průměrná difference	-1,948180118	-1,651569574	-1,443861492
Interval spolehlivosti	-2,291927264	-1,974941729	-1,882318977
	-1,604432973	-1,328197419	-1,005404007
Směrodatná odchylka	3,010161967	2,596022848	3,519924738
Rozptyl	9,061075069	6,739334626	12,38987016
Korelační koeficient	0,0239634617	-0,01924244867	-0,1088763146
Test významnosti rozdílu			
t-statistika	33,57432821	26,11360784	22,8294547
Počet stupňů volnosti	300	249	249
Kritická hodnota	1,968010728	1,969536868	1,969536868
Závěr	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ	Rozdíly jsou VÝZNAMNÉ
Pravděpodobnost	1,18677162E-024	1,696521059E-020	2,358893532E-010

Příloha 2

Výsledky porovnání dvou nezávislých výběrů mezi modelovými a experimentálními hodnotami dosažené pomocí programu QC Expert.

Tabulka č. 21: Porovnávání experimentálních hodnot a ε_1

Hladina významnosti	0,05	0,05	0,05
Porovnávané sloupce	exp.a model ε_1 , 2x20 tex	exp.a model ε_1 2x29,5 tex	exp. a model ε_1 2x45 tex
Analýza difference	X - Y	X - Y	X - Y
Počet dat	300	250	250
Korelační koeficient	0,03339419915	0,03382491363	-0,05576534409
Test shody rozptylů			
Poměr rozptylů	2,954259823E+018	3,643085132E+010	1,535625115E+010
Počet stupňů volnosti	300	249	249

Kritická hodnota	1,205503354	1,226095264	1,226095264
Závěr	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost	0	0	0
Robustní test shody rozptylů			
Poměr rozptylů	2,954259823E+018	3,643085132E+010	1,535625115E+010
Redukované stupně volnosti	54	47	37
Kritická hodnota	1,553748071	1,604729803	1,706565405
Závěr	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost	0	0	0
Test shody průměrů pro SHODNÉ průměry.			
t-statistika	6,698195143	3,349549097	8,829895474
Počet stupňů volnosti	592	498	498
Kritická hodnota	1,963979265	1,964738983	1,964738983
Závěr	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost	4,915105355E-011	0,0008708279464	1,790863029E-017
Test shody průměrů pro ROZDÍLNÉ rozptyly			
t - statistika	6,698195143	3,349549097	8,829895474
Redukované stupně volnosti	296	249	249
Kritická hodnota	1,968010728	1,969536868	1,969536868
Závěr	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost	1,06156643E-010	0,0009349624855	1,90726295E-016

Tabulka č. 22: Porovnávání experimentálních hodnot a ε_{s2}

Hladina významnosti	0,05	0,05	0,05
Porovnávané sloupce	exp.a model ε_{s2} 2x20 tex	exp.a model ε_{s2} 2x29,5 tex	exp. a model ε_{s2} 2x45 tex
Analýza difference	X - Y	X - Y	X - Y
Počet dat	300	250	250
Korelační koeficient	-0,02782899594	-0,02441164992	-0,1053142751
Test shody rozptylů			
Poměr rozptylů	3,608541221	1,084601761	2,923838289
Počet stupňů volnosti	300	249	249
Kritická hodnota	1,205503354	1,226095264	1,226095264
Závěr	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ	Rozptyly jsou SHODNÉ	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost	5,61043992E-027	0,2407489576	6,382672121E-017
Robustní test shody			

rozptylů			
Poměr rozptylů	3,608541221	1,084601761	2,923838289
Redukované stupně volnosti	90	146	167
Kritická hodnota	1,405180049	1,305448652	1,295173596
Závěr	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ	Rozptyly jsou SHODNÉ	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost	1,892131457E-009	0,2878523763	3,287382976E-011
Test shody průměrů pro SHODNÉ průměry.			
t-statistika	20,80722814	22,98385956	19,60767038
Počet stupňů volnosti	592	498	498
Kritická hodnota	1,963979265	1,964738983	1,964738983
Závěr	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost	1,387170613E-072	0	7,317536122E-064
Test shody průměrů pro ROZDÍLNÉ rozptyly			
t - statistika	20,80722814	22,98385956	19,60767038
Redukované stupně volnosti	549	404	249
Kritická hodnota	1,965273324	1,964748614	1,965897465
Závěr	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost	8,862167539E-068	0	1,62968895E-060

Tabulka č. 23: Porovnávání experimentálních hodnot a ε_{s3}

Hladina významnosti	0,05	0,05	0,05
Porovnáváné sloupce	exp.a model ε_{s3} 2x20 tex	exp.a model ε_{s3} 2x29,5 tex	exp. a model ε_{s3} 2x45 tex
Analýza difference	X - Y	X - Y	X - Y
Počet dat	300	250	250
Korelační koeficient	-0,02801765329	-0,02454743704	-0,1050671379
Test shody rozptylů			
Poměr rozptylů	4,662472616	1,444662729	2,089133413
Počet stupňů volnosti	296	249	249
Kritická hodnota	1,205503354	1,226095264	1,226095264
Závěr	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost	4,866329713E-037	0,001767919172	4,279710919E-009
Robustní test shody rozptylů			
Poměr rozptylů	4,662472616	1,444662729	2,089133413
Redukované stupně volnosti	82	126	167
Kritická hodnota	1,428396857	1,332514413	1,294092211

Závěr	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost	1,383608021E-011	0,01839357422	2,55348421E-006
Test shody průměrů pro SHODNÉ průměry.			
t-statistika	19,58917872	21,73869687	18,24703242
Počet stupňů volnosti	592	498	498
Kritická hodnota	1,963979265	1,964738983	1,964738983
Závěr	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost	3,033828747E-066	3,53825721E-074	2,431233633E-057
Test shody průměrů pro ROZDÍLNÉ rozptyly			
t - statistika	19,58917872	21,73869687	18,24703242
Redukované stupně volnosti	417	482	468
Kritická hodnota	1,965669151	1,964897881	1,96533341
Závěr	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost	4,688854445E-061	1,55779064E-073	6,928875062E-056

Tabulka č. 24: Porovnávání experimentálních hodnot a ε_{s4} , k_1

Hladina významnosti	0,05	0,05	0,05
Porovnávané sloupce	exp.a model ε_{s4}, k_1 2x20 tex	exp.a model ε_{s4}, k_1 2x29,5 tex	exp. a model ε_{s4}, k_1 2x45 tex
Analýza difference	X - Y	X - Y	X - Y
Počet dat	300	250	250
Korelační koeficient	0,02397842704	-0,01923250916	-0,1089075807
Test shody rozptylů			
Poměr rozptylů	123,4252166	15,37237786	2,003816202
Počet stupňů volnosti	300	249	249
Kritická hodnota	1,205503354	1,226095264	1,226095264
Závěr	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost	0	0	2,675954329E-008
Robustní test shody rozptylů			
Poměr rozptylů	123,4252166	15,37237786	2,003816202
Redukované stupně volnosti	55	54	79
Kritická hodnota	1,547401559	1,553748071	1,438121879

Závěr	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost	3,553299139E-043	3,071811607E-019	0,001058469602
Test shody průměrů pro SHODNÉ průměry.			
t-statistika	9,634501706	8,14473693	3,354045859
Počet stupňů volnosti	592	498	498
Kritická hodnota	1,963979265	1,964738983	1,964738983
Závěr	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost	1,663151243E-020	3,081553356E-015	0,0008571083638
Test shody průměrů pro ROZDÍLNÉ rozptyly			
t - statistika	9,634501706	8,14473693	3,354045859
Redukované stupně volnosti	301	281	448
Kritická hodnota	1,967876531	1,968442092	1,965273324
Závěr	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost	2,528887487E-019	1,253674725E-014	0,0008640533679

Tabulka č. 25: Porovnávání experimentálních hodnot a_{s4} , k_2

Hladina významnosti	0,05	0,05	0,05
Porovnáváné sloupce	exp.a model ε_{s4}, k_2 2x20 tex	exp.a model ε_{s4}, k_2 2x29,5 tex	exp. a model ε_{s4}, k_2 2x45 tex
Analýza difference	X - Y	X - Y	X - Y
Počet dat	300	250	250
Korelační koeficient	0,0239634617	-0,01924244867	-0,1088763146
Test shody rozptylů			
Poměr rozptylů	53,46133457	7,057203842	1,021148741
Počet stupňů volnosti	300	249	249
Kritická hodnota	1,205503354	1,226095264	1,226095264
Závěr	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ	Rozptyly jsou SHODNÉ
Pravděpodobnost	0	2,891296072E-047	0,400659544
Robustní test shody rozptylů			
Poměr rozptylů	53,46133457	7,057203842	0,400659544
Redukované stupně volnosti	57	63	111
Kritická hodnota	1,535294071	1,503023025	1,357985635
Závěr	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ	Rozptyly jsou SHODNÉ

Pravděpodobnost	1,420215322E-034	2,457124129E-013	0,4206842611
Test shody průměrů pro SHODNÉ průměry.			
t-statistika	11,11771996	10,12270037	6,82971446
Počet stupňů volnosti	592	498	498
Kritická hodnota	1,963979265	1,964738983	1,964738983
Závěr	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost	3,293252696E-026	4,998852515E-022	2,487571866E-011
Test shody průměrů pro ROZDÍLNÉ rozptyly			
t - statistika	11,11771996	10,12270037	6,82971446
Redukované stupně volnosti	307	318	493
Kritická hodnota	1,967721288	1,967451948	1,964738983
Závěr	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost	2,346507095E-024	4,624229906E-021	2,487571866E-011